تربية الطماطم لتحمل الظروف البيئية القاسية

سلسلة تربية محاصيل الخضر

تربية الطماطم لتحمل الظروف البيئية القاسية

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ تربية الخضر

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

يطلب من

كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

الطبعة الأولى ٢٠١٧

حسن، أحمد عبد المنعم
تربية الطماطم لتحمل الظروف البيئية القاسية /
تأليف أحمد عبد المنعم حسن.
ط١.- القاهرة: ٢٠١٧م.
١٦٠ ص, ١٧ × ٢٤- (سلسلة تربية محاصيل الخضر).
تدمك: ٧- ٢٠٥- ٧٢٦ - ٩٧٧- ٩٧٨
١. الطماطم
٢. تربية النبات
أ. العنوان

الطبعة الأولى
١٤٣٨هـ - ٢٠١٧م

رقم الإيداع: ٢٠١٧/١١٩١٨
تدمك: ٧- ٢٠٥- ٧٢٦ - ٩٧٧- ٩٧٨

توزيع

القاهرة: الدار العربية للنشر والتوزيع الحديثة (دربالة) -دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

الجيزة: المكتبة الاكاديمية

الإسكندرية: منشأة المعارف.

المنصورة: المكتبة العصرية.

وكذلك يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

المقدمة

ليس الإنسان هو وحده الذى يتألم من التغيرات الحادة فى الظروف البيئية؛ فالنبات يُعانى بشدة من تلك التغيرات، وتظهر معاناته فى صورة انخفاض حادٍ فى المحصول وتغيرات فسيولوجية تنحرف عن النشاط الفسيولوجى الطبيعى، وتؤدى إلى انخفاض حادٍ آخر فى جودة المحصول ونوعيته. ومع تسارع الانحرافات الحادة فى العوامل البيئية من حرارة وبرودة وجفاف وأمطار وتملح فى التربة ومياه الرى وتصحر.. مع تسارع ظهور تلك التغيرات ازداد — بشدة — الاهتمام بالتربية لتحمل تلك الظروف القاسية، ونالت الطماطم الاهتمام الأكبر من بين محاصيل الخضر فى هذا المجال.

يشتمل الكتاب على ثمانى فصول تتضمن التربية لتحمل كل من شدِّ الحرارة المنخفضة، وشدِّ الحرارة العالية، والقدرة على العقد البكرى، وتحمل شدِّ الملوحة، وشدِّ الجفاف، وشدِّ غدق التربة، وتحمل نقص العناصر المغذية، وتحمل التلوث بالأوزون والتسمم بالأمونيوم.

وكلى أمل فى أن يكون هذا الكتاب — الأول من نوعه فى هذا المجال باللغة العربية — عونًا ومرجعًا لكل من الطالب والدارس والباحث.

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ تربية الخضر

كلية الزراعة — جامعة القاهرة

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

محتويات الكتاب

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الفصل الأول

التربية لتحمل شد الحرارة المنخفضة

قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة المنخفضة

ترجع أهمية التربية لتحسين إنبات البذور فى درجات الحرارة المنخفضة إلى أن ذلك يساعد على ما يلى:

١- إمكانية الزراعة مبكرًا فى شهر يناير، دونما حاجة إلى تدفئة المشاتل لتشجيع الإنبات.

٢- تجانس الإنبات؛ ومن ثم.. تجانس النضج فى حقول الحصاد الآلى التى تزرع بالبذور مباشرة؛ الأمر الذى يزيد من كفاءة عملية الحصاد (عن De Vos وآخرين ١٩٨١).

إن معدل إنبات بذور الطماطم ينخفض تدريجيًا بانخفاض حرارة مهاد الإنبات من ٢٥ إلى ١٠ °م. وتؤخر الحرارة المنخفضة (١٠-١٥ °م) جوهريًا من بداية الإنبات، وتخفض معدله، وتؤدى إلى زيادة فترة الإنبات؛ بما يؤثر سلبًا فى توقيت المعاملات الزراعية والحصاد الآلى.

علاقة تحمل شدِّ البرودة عند الإنبات بكل من حجم البذور وسرعة إنباتها

يُعد إسراع إنبات البذور — فى حد ذاته — وسيلة فعالة لتجنب احتمالات تعرضها لظروف بيئية غير مناسبة، ولتقصير الفترة التى تظل البذور معرضة خلالها لهذه الظروف إن وجدت.

لقد لوحظت اختلافات واضحة بين أصناف الطماطم فى سرعة إنبات بذورها. ووجد Whittington & Fierlanger (١٩٧٢) أن سرعة الإنبات صفة وراثية تتميز بما يلى:

١- أغلب التأثير الجينى فيها إضافى.

٢- تتأثر بالتركيب الوراثى للنبات الأم.

٣- ترتبط إيجابيًّا بوزن البذرة.

كما تبين من دراسات Pet & Garretsen (١٩٨٣) وجود اختلافات وراثية بين أصناف الطماطم فى حجم بذورها؛ حيث ظهرت صفة البذور الكبيرة فى هجين الطماطم إكستيز Extase. ويستدل من دراستهما على أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية. وقد أكدت الدراسة أن البذور الكبيرة تنبت بسرعة أكبر من الصغيرة، وتنتج بادرات ذات أوراق فلقية أكبر حجمًا، ونباتات أقوى نموًّا. إلاّ أن تأثير حجم البذرة يختفى – غالبًا – فى النباتات الكبيرة.

ووُجد من دراسة أُجريت على ١٠٥ تلقيحات داياليل بين ١٥ صنفًا وسلالة أن وزن بذور الجيل الأول للنباتات الهجين يعتمد أساسًا على التركيب الوراثى للأمهات دون تأثير يُذكر للتركيب الوراثى للآباء؛ هذا إلاّ أن التحليل الوراثى لبذور الجيل الثانى (الناتجة من التلقيح الذاتى لنباتات الجيل الأول) أظهر أن كلاًّ من الأم والأب يُسهمان بقدرٍ متساوٍ فى وراثة وزن البذرة، وأن الصفة يتحكم فيها جينات كروموسومية ذات تأثير مضيف بصورة أساسية. وقد أنتجت البذور الكبيرة بادرات أكبر عن تلك التى أنتجتها البذور الأصغر، ولكن الفرق بينهما تضاءل مع النمو النباتى، بما يعنى احتمال عدم جدوى تحسين النمو والمحصول بالتربية لزيادة وزن البذرة (Nieuwhof وآخرون ١٩٨٩).

التباينات الوراثية فى قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة المنخفضة

قام Soctt & Jones (١٩٨٢) بمقارنة ١٨ سلالة تنمو بريًّا فى الجبال على ارتفاعات كبيرة – حيث تكون الحرارة منخفضة – وتمثل خمسة أنواع من الجنس *Solanum* مع

١٩ سلالة من الطماطم تتميز بقدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة وتوصل الباحثان إلى النتائج التالية:

١- أظهرت سلالة الطماطم P. I. 120256 (وهى أهم سلالات الطماطم المعروفة بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) أعلى قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة، مقارنة بجميع سلالات الطماطم الأخرى؛ حيث أنبتت ٣٠٪ من بذورها خلال ١٢ يومًا على حرارة ١٠ °م، وتساوت فى ذلك مع السلالة P.I. 126435 من النوع البرى *S. peruvianum*.

٢- أنبتت بذور السلالة LA 460 من النوع البرى *S. chilense* بنسبة ١٠٠٪ خلال ١٢ يومًا على حرارة ١٠ °م، علمًا بأن صفات ثمارها ليست أسوأ حالاً من أكثر سلالات الطماطم قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة التى تبرز من ثمارها خطوط خضراء متعرجة. ويبين جدول (١-١) مقارنة بين السلالتين فى القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة، كما تميزت السلالة البرية بأن نموها الجذرى كان أطول كثيرًا من سلالة الطماطم خلال أيام قليلة من بدء الإنبات.

جدول (١-١): مقارنة بين السلالتين *S. lycopersicum* P. I. 120256، و *S. chilense* LA460 من حيث قدرة بذورهما على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

معاملة الإنبات	النسبة المئوية للإنبات فى السلالة	
	P. I. 120256	LA 460
١٠ °م لمدة ١٤ يومًا	٤٠	١٠٠
٩ °م لمدة ١٤ يومًا	قليل جدًا	٩٩
٨ °م لمدة ١٤ يومًا	صفر	٤٠
٨ °م لمدة ٢٠ يومًا	صفر	١٠٠

٣- أظهرت السلالات البرية التالية قدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

S. peruvianum P. I. 127831, LA 1474 & P.I. 127832.

S. hirsutum P. I. 127826 & LA 386.

كما اختبر Michalska (١٩٨٥) ٣٥ سلالة من النوع *S. lycopesicum*، وواحدة من *S. pmpinellifoium*، و ٩ من *S. habrochaites* وواحدة من *S. corneliomulleri* للقدرة على الإنبات فى حرارة ٥ ْم، ووجد أن خمسًا منها كانت قادرة على الإنبات فى هذه الظروف، وهى:

S. lycopersicum P. I. 341985, P. I. 341994 & P. I. 341988

S. habrochaites P. I. 127827 & LA 386.

وقد تبين عند تقييم ٣٠ صنفًا وسلالة من ستة أنواع من الطماطم (منزرعة وبرية) لقدرة بذورها على الإنبات فى ظروف شد البرودة وظروف شد الملوحة أن معظم التراكيب الوراثية المقيمة تشابهت فى استجابتها لحالتى الشدّ، فكانت إما حساسة، وإما متحملة لحالتى الشد، إلاّ أن عددًا قليلاً منها أظهر قدرًا أكبر من الحساسية (أو التحمل) لأحد حالتى الشد عن استجابتها لحالة الشدّ الأخرى. وإضافة إلى ذلك، فإن بعض السلالات التى أنبتت بذورها سريعًا نسبيًّا فى ظروف عدم الشدّ أظهرت حساسية كبيرة لحالتى الشد. ووجدت ارتباطات موجبة بين معدل الإنبات فى ظروف الكنترول (عدم الشد) وشد البرودة (r الشكل المظهرى = ٠,٨٩)، وبين ظروف الكنترول وشد الملوحة (r الشكل المظهرى = ٠,٦٣)، وبين ظروف شد البرودة وشد الملوحة (r الشكل المظهرى = ٠,٧٧). ويفيد ذلك احتمال أن يتحكم فى معدل إنبات البذور تحت ظروف عدم الشد، وشد البرودة، وشد الملوحة نفس الجينات أو نفس الآليات الفسيولوجية، إلاّ أن عوامل أخرى قد تلعب دورًا فى التأثير على إنبات البذور فى ظروف شدّ خاصة (Foolad & Lin ١٩٩٩).

وراثة قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة المنخفضة

أجريت عدة دراسات على وراثة صفة القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة، تبين منها أن هذه الصفة متنحية، وذات كفاءة توريث مرتفعة، ويتحكم فيها من ١–٣ أزواج من الجينات. فقد وجد أن الصفة يتحكم فيها جين واحد فى سلالة الطماطم P.I. 341984 وثلاثة أزواج على الأقل فى سلالة الطماطم P.I. 341985، كما وجد Cannon وآخرون (١٩٧٣) أن قدرة سلالة الطماطم P.I. 341988 على الإنبات فى حرارة ١٠ °م يتحكم فيها جين واحد متنح.

ووجد أن قدرة بذور الطماطم على الإنبات فى الحرارة المنخفضة صفة يتحكم فيها جينات متعددة مع سيادة لعدم القدرة على الإنبات فى ظروف شدٍّ البرودة. وقدِّر عدد الجينات المتحكمة فى الصفة بما لا يقل عن ثلاثة من بيانات الجيل الثانى، وبما لا يقل عن خمسة من بيانات التلقيحات الرجعية، كما قُدِّرت كفاءة التوريث بنحو ٩٧٪ فى المعنى العام، و٦٦٪ فى المعنى الخاص. هذا إلى جانب أن اختلافات جوهرية فى القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة وجدت بين نباتات الجيل الأول للتلقيحات العكسية (Ng & Tigchelaar ١٩٧٣).

وفى دراسة أخرى وُجد أن قدرة بذور الطماطم على الإنبات فى الحرارة المنخفضة صفة كمية يتحكم فيها ٢٤ زوجًا من الجينات ذات تأثير مضيف قوى، مع احتمال وجود تأثيرات للسيادة والتفوق. وقد قُدِّرت كفاءة توريث الصفة بنحو ٢٥٪ – ٤٠٪ فى المستوى العام، و ٢٥٪ فى المستوى الخاص. وبدا أن نفس النظام الجينى يتحكم فى القدرة على الإنبات فى كل من الحرارة المنخفضة والعالية، وأن الانتخاب للقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة يمكن تحقيقه بالانتخاب فى الحرارة العالية (El Sayed & John ١٩٧٣).

وتبين من دراسات De Vos وآخرين (١٩٨١) على ٧ سلالات وأصناف من الطماطم تتباين فى قدراتها على الإنبات فى حرارة ١٠ °م — وهى P.I. 120256، وP.I. 341985،

وP.I. 280597، وKanatto، وNova، و Early Red Rock – أن هذه الصفة متنحية جزئيًا، ويكون فيها التأثير الأمى والتأثير المضيف جوهريين، بينما يكون التفاعل غير الآليلى قليل الأهمية. وقدرت الدراسة كفاءة توريث الصفة بنحو ٨٥٪ فى المعنى العام و٦٩٪ فى المعنى الخاص.

كما أظهرت دراسات Michalska (١٩٨٥) أن صفة قدرة بذور سلالة الطماطم P.I. 341985 على الإنبات فى حرارة ٥ ْم يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، مع احتمال وجود بعض الجينات المحورة.

هذا.. ويذكر Kalloo (١٩٩٣) أن قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة المنخفضة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنحٍ. كما تتميز السلالات القادرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة بقدرة بادراتها على النمو الجيد فى تلك الظروف.

وفى دراسة على عدد من العشائر الوراثية لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للبرودة UCT5 والسلالة المتحملة لها P.I. 120256، وجد أن معظم التباينات فى المدة التى لزمت للإنبات فى حرارة ١١ ± ٠,٥ ْم كان مردها إلى تأثيرات جينية مضيفة، وأن التأثيرات المضيفة للإندوسيرم تحكمت فى ٨٠٪ من التباين الوراثى.

ولقد كان الانتخاب بين نباتات الجيل الثانى للتلقيح السابق مؤثرًا بصورة جوهرية فى تحسين إنبات النسل فى حرارة ١١ ± ٠,٥ ْم، وقدرت كفاءة التوريث المنخفضة بنحو ٠,٧٤؛ بما يعنى أن تلك الصفة يمكن تحسينها اعتمادًا على الانتخاب على أساس الشكل المظهرى (Foolad & Lin ١٩٩٨، و Foolad ١٩٩٩).

وفى دراسة أُجريت على عشيرة نباتات الـ BC_1S_1 للتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للبرودة NC84173 والسلالة LA722 من *S. pimpinellifolium* المتحملة للبرودة خلال مرحلة إنبات البذور، أمكن التعرف على ٣–٥ QTLs – موزعة على موقعين كروموسومين – كان لها تأثيرات جوهرية على تحمل البرودة خلال مرحلة الإنبات؛ حيث

تبين وجود QTLs لتحمل البرودة على كلٍ من الكروموسوم ١ من *S. pimpinellifolium*، والكروموسوم ٤ من NC 84173، وتراوح إسهام كل منها فى تحمل البرودة بين ١١,٩٪، و٣٣,٤٪ (Foolad ١٩٩٨، و ١٩٩٩).

ودُرس إنبات بذور جيل التلقيح الرجعى الأول لتلقيح بين سلالة طماطم بطيئة الإنبات وأخرى برية سريعة الإنبات، وذلك فى ظروف عدم الشدّ، وظروف شدٍّ البرودة، وشدِّ الملوحة، وشدِّ الجفاف، وانتخبت النباتات التى نتجت من أسرع البذور إنباتًا تحت كل ظرف، وتُركت لتنمو حتى نضج الثمار، وأُخضعت لتحليل واسمات جزيئية. وقد أمكن تحديد ما بين ٦ إلى ٩ QTLs تؤثر فى سرعة الإنبات فى كل ظرف بيئى من الظروف الأربعة التى أُجرى الاختبار فى ظلها، بمجموع ١٤ QTLs، وكان توزيعها كما يلى: ١٠ QTLs أثرت على سرعة الإنبات فى ٢ أو ٣ ظروف واعتبرت أنها QTLs شائعة ذات علاقة بالإنبات، و ٤ QTLs أثَّرت على سرعة الإنبات فى ظرف واحد، واعتبرت أنها QTLs خاصة بالإنبات فى ظروف معينة. وأظهرت نتائج الدراسة أن نفس الـ QTLs غالبًا ما تؤثر فى إنبات البذور تحت ظروف مختلفة من الشدِّ وعدم الشدِّ؛ مما يؤيد فرضية وجود أُسس فسيولوجية متشابهة تُسهم فى الإنبات فى مختلف الظروف (Foolad وآخرون ٢٠٠٧).

طبيعة قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة المنخفضة

لا ترجع القدرة على الإنبات فى درجة الحرارة المنخفضة إلى قدرة خاصة للنمو فى هذه الظروف؛ فبمقارنة سلالة الطماطم P.I. 341985 القادرة على الإنبات فى ١٠ °م بالصنف سنتنيال Centennial الذى لا تتوفر به هذه الصفة، وعدد من سلالات الجيل الرابع — للتلقيح بينهما — التى تختلف فى هذه الخاصية.. كانت جميعها متشابهة فى معدل نمو الجذير عند هذه الدرجة.

وقد أدى نقع البذور فى محلول لنترات البوتاسيوم وفوسفات أحادى البوتاسيوم، بنسبة ١,٨٪ لكل منهما، لمدة ١–٨ أيام إلى تحسين الإنبات فى كل من السلالة P.I. 341985

والصنف سنتنيال على حرارة ١٠ °م، إلاّ أن التحسن فى إنبات الصنف لم يصل إلى مستوى الإنبات فى السلالة؛ أى إن التأثير البيئى لم يرق إلى مستوى التأثير الوراثى.

ويبدو أن عدم القدرة على الإنبات فى حرارة ١٠ °م يرجع – جزئيًّا – إلى أن البرودة تحفز البذرة على تكوين مواد مانعة للإنبات. وقد أدت إضافة الكربون المنشّط activated carbon إلى بيئة إنبات البذور إلى تحسين الإنبات فى حرارة ١٠ °م بالنسبة للسلالات غير القادرة – أصلاً – على الإنبات فى تلك الدرجة، بينما لم يكن لهذه المعاملة أى تأثير على السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة ١٠ °م (Maluf & Tigchelaar ١٩٨٢).

وقد وجد أن الماء الذى تنقع فيه بذور سلالة الطماطم P.I. 341984 (وهى سلالة قادرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) يحفز إنبات بذور نفس السلالة والسلالات الأخرى الحساسة للبرودة، بينما كان الماء الذى نقعت فيه بذور الصنف رد روك Red Rock (الحساس للبرودة) مثبطًا لإنبات بذور نفس الصنف والسلالة المقاومة للبرودة فى درجات الحرارة المنخفضة (Abdul-Baki & Stoner ١٩٧٨).

ويذكر أنه قد تحدث تغيرات فى الأغشية الخلوية للأصناف الحساسة للبرودة لدى تعرضها لدرجات حرارة منخفضة. كما وجد Maluf & Tigchelaar (١٩٨٠) أن القدرة على الإنبات فى حرارة ١٠ °م فى سلالة الطماطم P.I. 341985 ترتبط بزيادة فى نشاط إنزيم بيروكسيديز Peroxidase خلال الأيام العشرة الأولى للإنبات على هذه الدرجة.

وفى دراسة أخرى أجريت على عدد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines – التى تتفاوت فى قدرتها على الإنبات فى حرارة ١٠ °م – قارن Maluf & Tigchelaar (١٩٨٢) محتوى بذور هذه السلالات من الأحماض الدهنية، ووجد الباحثان أن قدرة البذور على الإنبات فى حرارة ١٠ °م ترتبط سلبيًّا بمحتواها من حامض الأوليِّك Oleic acid (معامل الارتباط r = ٠,٨١ وجوهرى جدًّا)، وإيجابيًّا

بمحتواها من حامض اللينوليِّك Linoleic acid (معامل الارتباط r = ٠,٧١ وجوهرى جدًّا). ولم يتأثر محتوى البذور من الأحماض الدهنية بفترة الحضانة على ١٠ °م؛ كما تشابه محتوى الأحماض الدهنية فى البذور كلها مع محتوى الأحماض الدهنية فى الأغشية الخلوية.

وقد لاحظ الباحثان أن نسبة الزيادة فى حامض اللينوليِّك فى السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة ١٠ °م كانت مماثلة لنسبة النقص فى حامض الأوليِّك (معامل الارتباط r لنسبة الحامضين = ٠,٧٩ وجوهرى جدًّا). واقترح الباحثان أن الجينات المسئولة عن قدرة البذور على الإنبات — فى درجات الحرارة المنخفضة — تؤدى إلى زيادة حالة عدم تشبع حامض الأوليِّك إلى حامض اللينوليِّك أثناء تكوين البذور.

ويستدل من دراسة أجريت على سلالة طماطم قادرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (١٢ °م) هى P.I. 341988، وصنف حساس للبرودة هو UC82B أن المانع الرئيسى لإنبات البذور — فى التراكيب الوراثية الحساسة — فى الحرارة المنخفضة هو طبقة الإندوسبرم، كما أظهرت السلالة المتحملة معدلاً أعلى لتنفس البذور عما حدث فى بذور UC82B؛ بما يعنى زيادة نشاطها الأيضى فى ظروف الحرارة المنخفضة (Leviatov وآخرون ١٩٩٣).

وقد تبين أن طفرات غياب الأنثوسيانين: ah، و aw، وbls تؤدى — عند وجود أى منها بحالة أصيلة — إلى تحسين قدرة بذور الطماطم على الإنبات فى ظروف شد الملوحة، والحرارة، والبرودة، والشد الأسموزى، وذلك باستثناء أن الجين aw لم يكن مؤثرًا فى ظروف شد جفاف أُحدِث بالمعاملة بالبوليثيلين جليكول ٦٠٠٠ (Atanassova وآخرون ١٩٩٧).

التربية لقدرة البذور على الإنبات فى الحرارة المنخفضة

عندما أُجرى انتخاب لسرعة إنبات البذور فى الحرارة المنخفضة فى الجيل الثانى لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للبرودة UCT5 والسلالة P.I. 120256 المتحملة للبرودة فى كل من مرحلتى إنبات البذور والنمو الخضرى انعكس ذلك إيجابًا على

سرعة إنبات بذور النسل فى الجيل الثالث فى الحرارة المنخفضة، كما أظهرت نباتات نفس الأنسال قدرة مطلقة أكبر على النمو الخضرى فى الحرارة المنخفضة. إلاّ أن قدرتها النسبية على النمو فى الحرارة المنخفضة مقارنة بنموها فى الحرارة المعتدلة لم تكن بنفس القوة؛ بما يعنى أن قدرة النمو الكبيرة المطلقة فى الحرارة المنخفضة ربما كان مردها إلى زيادة فى قوة نموها plant vigor وليس لزيادة فى تحملها للبرودة (Foolad ١٩٩٩).

وفى دراسة أخرى على نباتات الجيل الثانى للتهجين السابق (بين صنف الطماطم UCT5 ذات البذور البطيئة الإنبات والسلالة P.I. 120256 ذات البذور السريعة الإنبات)، أُجرى تقييم على القدرة على الإنبات فى ظروف عدم الشدِّ (الكنترول)، وظروف شد البرودة، وظروف شد الملوحة؛ وفى كل معاملة انتُخِبت الأسرع إنباتًا (أول ٥٪ إنبات) للحصول على بذور الجيل الثالث منها. وتبين أن الانتخاب لسرعة الإنبات كان مجديًا فى ظروف كل من شد البرودة وشد الملوحة، لكنه لم يكن مجديًا فى ظروف عدم الشد. كذلك فإن الانتخاب فى ظروف أى من شد البرودة أو شد الملوحة حسَّن إنبات بذور النسل جوهريًا فى حالتى الشدِّ، وكذلك ظرف عدم الشد. ويستفاد من تلك النتائج أن نفس الجينات تُسهم فى الإنبات السريع للبذور تحت ظروف شدِّ البرودة وشدِّ الملوحة وظروف عدم الشدِّ. ويعنى ذلك أن الانتخاب فى برامج التربية — تحت أى من حالتى الشدِّ قد يؤدى إلى تحسن فى إنبات البذور فى مدى واسع من الظروف البيئية (Foolad وآخرون ١٩٩٩).

وقد أُجرى تقييم لنباتات التلقيح الرجعى الأول BC_1 لتلقيح بين سلالة الطماطم البطيئة الإنبات NC 84173 (والتى استخدمت كأم وكأب رجعى)، وسلالة *S. pimpinellifolium* السريعة الإنبات LA 722.. أُجرى تقييم للإنبات فى ظروف شدِّ البرودة، وشد الملوحة، وشدِّ الجفاف، وانتخبت أسرع البذور إنباتًا (أول ٢٪ منها) فى كل تقييم. كان هذا الانتخاب فعّالاً وحسَّن إنبات بذور النسل جوهريًا فى كل ظروف الشدِّ. وتؤيد هذه النتائج افتراض أن نفس الجينات قد تتحكم فى سرعة إنبات البذور

تحت ظروف شد البرودة، والملوحة، والجفاف. كذلك فإن الانتخاب لسرعة الإنبات تحت أى من ظروف الشد الثلاثة حسَّن إنبات بذور النسل فى ظروف عدم الشدِّ؛ بما يفيد أن الآليات الوراثية التى تُسهِّل إسراع إنبات البذور تحت ظروف الشدِّ قد تُسهم — كذلك — فى سرعة إنبات البذور فى ظروف عدم الشدِّ. وعمليًا فإن الانتخاب لسرعة إنبات البذور فى أى من ظروف الشدِّ قد تُعطى نسلاً يمكن لبذوره الإنبات فى ظروف بيئية متباينة (Foolad وآخرون ٢٠٠٣).

قدرة النباتات على النمو فى الحرارة المنخفضة

يؤدى بقاء نباتات الطماطم فى حرارة من ٢-١٢°م لأيام قليلة إلى تعرضها لأضرار البرودة التى يسبق — أو يصاحب — ظهورها تغيرات فسيولوجية؛ أهمها: انخفاض معدل التنفس والبناء الضوئى، وبطء الحركة الدورانية للسيتوبلازم، وحدوث أضرار للأغشية الخلوية يترتب عليها نفاذيتها للماء وتسرب الأملاح من الخلايا.

وقد تبين من دراسة أُجريت على ٣١ صنفًا وسلالة تمثل الطماطم وخمسة من أنواعها البرية وجود ارتباط ضعيف (r = ٠,٤٢) بين معدل إنبات البذور والنمو الخضرى المطلق فى الحرارة المنخفضة، وارتباط آخر ضعيف أيضًا (r = ٠,٤٧) مع النمو الخضرى النسبى فى ظروف البرودة مقارنة بالنمو فى الحرارة المعتدلة (Foolad ١٩٩٩).

هذا.. ويُعد صنف الطماطم Siberia من الأصناف المتحملة للبرودة (عن Giroux & Fillion ١٩٩٢).

طرق التقييم لقدرة النباتات على النمو فى الحرارة المنخفضة

يتطلب تقييم مقاومة نباتات الطماطم للبرودة أن تتوفر وسيلة كمية لتقدير درجة المقاومة لا تعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التى تحدثها البرودة؛ حيث يفضل تقدير درجة التحمل أو شدة الإصابة قبل ظهور أية أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة؛ وبذا.. يمكن الإسراع فى عملية التقييم، مع تجنب احتمالات فقد الجيرمبلازم أثناء الاختبار.

وتتوفر تلك الشروط فى الطرق التالية:

١- قياس مدى التسرب الأيونى electrolyte leakage، الذى يحدث نتيجة للأضرار التى تحدثها البرودة فى الغشاء البلازمى فى السلالات الحساسة.

٢- قياس مدى استشعاع (تفلور) الكلوروفيل Cholrophyl Fluorescence؛ نظرًا لما تحدثه البرودة من تأثيرات على المحتوى الكلوروفيللى فى السلالات الحساسة (Kamps وآخرون ١٩٨٧). وقد اُسْتُخْدِم هذا الاختبار فى انتخاب أصناف من الذرة مقاومة للصقيع، كما استخدمه Walker وآخرون (١٩٩٠) فى تقييم مقاومة البرودة فى الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ حيث وجدا أن نسبة الاستشعاع المبدئية (F_0) إلى الاستشعاع المقدر بعد التعرض لمعاملة الحرارة المنخفضة (F_p) تزيد بزيادة الحساسية للبرودة (كما فى الصنفين H2653، و H722)، بينما تبقى النسبة منخفضة فى التراكيب الوراثية المتحملة للبرودة (كما فى النوع البرى *S. lycopersicoides* والجيل الأول بينه وبين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxie، الذى لم تظهر به سوى أضرار قليلة من جراء التعرض لمعاملة البرودة). وتمشيًا مع تلك النتائج.. تباينت نسبة F_0 إلى F_p فى ٢٥ سلالة من الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الثانى (إلى السلالة H722) للهجين H722 × *S. habrochaites*؛ حيث تراوحت النسبة بين مداها فى الأبوين (البرى والمزروع)؛ مما يدل على أن بعض هذه السلالات اكتسبت بعض القدرة على تحمل البرودة من النوع *S. habrochaites*.

٣- قياس القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة:

يمكن الاعتماد على صفة القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة كأساس لتقييم تحمل البرودة. ويمكن — فى هذا الاختبار — اتخاذ الفترة الزمنية التى تمر بين تكوين ورقتين متتاليتين؛ كدليل على مدى تأثر النمو النباتى بالبرودة.

وقد تمكن Patterson & Payne (١٩٨٣) من انتخاب نباتات — من التهجين الرجعى الثانى للطماطم — مماثلة فى مقاومتها للبرودة لسلالة النوع *S. habrochaites* التى استخدمت فى التلقيح الأصلى. واعتمد الباحثان فى ذلك الاختبار على مدى قدرة النباتات على تكوين الأوراق الحقيقية الأولى عند تعرضها يوميًّا لحرارة ١ °م ليلاً (لمدة ١٦ ساعة)، و٢٠ °م نهارًا (لمدة ٨ ساعات). وقد كان نسل النباتات المنتخبة قريبًا للسلالة البرية أو مماثلاً لها فى صفة القدرة على تحمل البرودة؛ وهو ما يعنى إمكان استخدام حرارة الليل المنخفضة كوسيلة غير قاتلة لاختبار مدى مقاومة النباتات للبرودة، خاصة أن صفة القدرة على تحمل البرودة قد تطورت فى مثل هذه السلالات البرية أثناء نموها فى ظروف يسود فيها الجو البارد ليلاً والمعتدل نهارًا.

وقد وجد أن نمو واكتمال تكوين ومساحة الورقة الخامسة من القمة النامية فى الطماطم — فى ظروف الحرارة المنخفضة (١٢ °م) — يمكن اعتبارها دليلاً جيدًا على إمكان نمو الطماطم خضريًّا فى الحرارة المنخفضة (Hoek وآخرون ١٩٩٣).

ومن جهة أخرى .. فقد تبين من دراسات Maisonneuve وآخرين (١٩٨٦) أن الانتخاب للقدرة على تحمل البرودة (١٥ °م نهارًا/ ٨ °م ليلاً) لم يكن فعالاً عندما أجرى على أساس اختبار مدى تحمل حبوب اللقاح لهذه الظروف.

التباينات الوراثية فى قدرة النباتات على النمو فى الحرارة المنخفضة

اختبر Wolf وآخرون (١٩٨٦) خمس سلالات من ثلاثة أنواع برية، مقارنة بسلالة الطماطم السريعة الإنبات فى الحرارة المنخفضة P.I. 341988، والصنف الحساس للبرودة UC82. كانت السلالات المختبرة قد وجدت نامية — فى مواطنها الأصلية — على ارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر؛ ولذا.. افترض مقاومتها للبرودة؛ بسبب طبيعة الجو السائد فى هذه الارتفاعات؛ وهى كما يلى:

S. habrochaites LA 1363 & LA 1777

S. chilense LA 1969 & LA 1971

S. lycopersicoides LA 1964

وقد استخدم الباحثون فى دراستهم عدة اختبارات، وكانت النتائج كما يلى:

١- أنبتت بذور سلالة الطماطم P.I. 341988 أسرع من الصنف يوسى ٨٢ وسلالات الأنواع البرية فى حرارة أعلى من ١٠ °م، وتوقف إنباتها تقريبًا فى حرارة ١٠ °م، بينما استمرت السلالات البرية فى الإنبات ببطء على حرارة أقل من ١٠ °م.

٢- زاد معدل النمو فى سلالات الأنواع البرية عما فى الصنف يوسى ٨٢ عندما خفضت درجة الحرارة من ١٨/٢٤ °م (نهار/ليل) إلى ٦/١٢ °م (نهار/ليل).

٣- أدى تعريض الأوراق لحرارة ١ °م إلى انخفاض فلورة الكلوروفيل، ولكن النقص كان أكبر فى الصنف الحساس للبرودة يوسى ٨٢، مقارنة بالأنواع البرية.

وفى دراسة أخرى عن مصادر القدرة على تحمل البرودة فى الجنس *Solanum*، فإنها وُجدت – أساسًا – فى بعض سلالات النوع البرى *S. habrochaites*، وخاصة تلك التى وجدت نامية على ارتفاعات شاهقة فى مواطنها الأصلية. فمثلاً.. أوضحت دراسات Zamir وآخرين (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 للنوع *S. habrochaites* – وهى التى تنمو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر على جبال الإنديز – ذات قدرة عالية على تحمل البرودة؛ وظهر ذلك فى عدة صور كما يلى:

١- أنبتت بذورها فى درجات الحرارة المنخفضة.

٢- أمكنها إكمال دورة حياتها فى ظروف انخفضت فيها درجة الحرارة الصغرى – غالبًا – عن ٦ °م.

٣- تكون فيها الكلوروفيل – أثناء تعرضها لدرجة الحرارة المنخفضة – بصورة أفضل مما فى السلالات الأخرى.

٤-كانت حركة السيتوبلازم الدورانية فيها — أثناء تعرضها للحرارة المنخفضة — أسرع مما فى السلالات الأخرى.

٥-بينما يتغير لون نباتات الطماطم العادية إلى اللون الأسود — إذا عرضت النباتات للظلام لمدة ٢٤ ساعة على ١٠ْم فإن نباتات هذه السلالة لم تتأثر بهذه الصورة وقد نمت بصورة جيدة فى نظام حرارى ١٢/٥ْم (نهار/ليل).

كذلك تتوفر صفة المقاومة للبرودة فى السلالة LA 1363 من *S. habrochaites*، والسلالة LA 1969 من *S. chlense*، وكلتاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر فى جبال الإنديز، ونمت — بشكل جيد — فى ظروف حرارية ٢٠/ صفرْم (نهار ٨ ساعات/ ليل ١٦ ساعة)، بينما لم تكوِّن الطماطم أوراقًا حقيقية تحت هذه الظروف.

وأمكن باختبار ٢٧٠ سلالة وهجين من الطماطم و٤٠ سلالة من الأنواع البرية لجنس الطماطم انتخاب ٧ سلالات طماطم و١١ سلالة برية كانت قادرة على إكمال نموها فى حرارة تربة منخفضة، كانت منها السلالة 80×HRM19 التى أمكن باستخدامها كأصل تبكير الزراعة بنحو ٥٠ يومًا فى الربيع قبل حلول الجو الدافئ ومن ثم الحصاد مبكرًا (Meissner & Mandel — ٢٠١٠ — الإنترنت).

وعندما عُرِّضت نباتات الطماطم وعدد من الأنواع البرية لحرارة ١٠ْم مع إضاءة منخفضة (٧٥ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية) لمدة ١٤ يومًا ، ثم لحرارة ٢٠/٢٥ْم لمدة سبعة أيام.. أظهرت الطماطم قدرة منخفضة على استعادة النمو (٣٩٪)، مقارنة باستعادة النمو فى نباتات النوع *S. pimpinellifolium* التى جُمعت من مناطق غير مرتفعة عن سطح البحر (٣٩٪)، ونباتات الأنواع البرية التى جُمِعت من مناطق مرتفعة عن سطح البحر: *S. peruvianum* (٩٢٪)، و*S. habrochaites* (٦٧٪)، و*S. chilense* (٧١٪) (Venema وآخرون ١٩٩٩).

وأُجرى تقييم لواحد وثلاثين صنفًا وسلالة تمثل ستة أنواع من جنس الطماطم لكلٍ من القدرة على الإنبات على ١١ ± ٠,٥ْم (ظروف شدِّ البرودة)، وكذلك على ٢٠ ±

٠,٥ ْم (الكنترول)، والقدرة على النمو الخضرى على ١٢/٥ ْم (ظروف شدّ البرودة)، وكذلك على ١٨/٢٥ ْم (الكنترول) مع ١٢ ساعة ضوء (٣٥٠ مللى مول/م٢ فى الثانية)، و١٢ ساعة ظلام فى كلتا المعاملتين. وعُرِّف تحمل البرودة أثناء الإنبات بأنه معكوس النسبة بين الوقت الذى لزم للإنبات فى ظروف شدِّ البرودة إلى الفترة التى لزمت للإنبات فى ظروف الكنترول، وأُشير إليه بالمصطلح "دليل تحمل البرودة عند الإنبات" (TI_G). وقد تراوح الـ TI_G من ٠,١٥ إلى ٠,٤٨؛ بما يعنى وجود تباينات بين التراكيب الوراثية المقيمة فى تحمل البرودة عند الإنبات. وعُرِّف تحمل البرودة أثناء النمو الخضرى بأنه نسبة الوزن الجاف للنمو الخضرى فى ظروف شد البرودة إلى الوزن الجاف للنمو الخضرى فى ظروف الكنترول، وأشير إليه بالمصطلح "دليل تحمل النمو الخضرى للبرودة" (TI_{VG}). وقد تراوح الـ TI_{VG} بين ٠,١٢ إلى ٠,٣٩؛ بما يعنى وجود تباينات بين التراكيب الوراثية فى تحمل البرودة أثناء النمو الخضرى. وقد تبين استقلال صفتى تحمل النمو الخضرى للبرودة وقوة النمو النباتى، وذلك من واقع غياب أى ارتباط معنوى (r = ٠,١٤؛ $P > 0.05$) بين الصفتين. كذلك تبين استقلال صفتى القدرة على الإنبات فى ظروف البرودة وتحمل النمو الخضرى للبرودة، وذلك من واقع غياب أى ارتباط معنوى (r = ٠,١٤؛ $P > 0.05$) بين الصفتين، وإن كانت بعض السلالات المختبرة قد جمعت بين الصفتين (Foolad & Lin ٢٠٠٠).

هذا.. وتتميز سلالة الطماطم P.I. 120256 بكل من القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة وتحمل النمو الخضرى للحرارة المنخفضة، إلاّ أن الصفتين مستقلتان؛ بمعنى أن الانتخاب لأحدهما لا يعنى الانتخاب للأخرى (Foolad & Lin ٢٠٠١).

ولقد وجد Cao وآخرون (٢٠١٥) اختلافات وراثية بين ٨٤ سلالة طماطم تم اختبارها لتحمل أضرار البرودة (٤ ْم ليلاً ونهارًا لمدة ٨ أيام) فى طور البادرة، كان منها ١٥ سلالة متحملة، و ٢١ سلالة متوسطة التحمل، و ٧ قليلة التحمل، و٥ حساسة للبرودة.

وراثة القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة

وجد Kamps وآخرون (١٩٨٧) — من دراستهم على الهجين الجنسى بين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى، والنوع *S. lycoperscoides* – أن تلك الصفة سائدة، وليست سيتوبلازمية.

وقد عُرِّف تحمل البرودة خلال مرحلة النمو الخضرى فى الطماطم بأنه القدرة على مقاومة أضرار حرارة تقل عن ١٠ °م، ولكنها تزيد عن حرارة التجمد.

ووُجد أن سلالات الطماطم البرية التى تنمو — طبيعيًّا — فى أماكن مرتفعة كثيرًا عن سطح البحر، مثل: LA 1363، وLA 1777 من *S. habrochaites*، وLA 1969، و LA 1971 من *S. chilemse*، و LA 1964 من *S. lycopersicoides* كانت جميعها أكثر قدرة على تحمل البرودة عن سلالة UC 82B فى أى من القياسات التى سُجِّلت على النباتات لدى تعريضها للبرودة، وهى: فلورة الكلوروفيل، والتسرب الأيونى، ودليل الـ plastochron. كذلك كان النقص فى معدل نمو إحدى سلالات *S. habrochaites* التى جُمعت من ارتفاعات كبيرة على حرارة ١٢/٥ °م (نهار/ ليل) مقارنة بنموها فى حرارة ١٨/٢٥ °م كان أقل من معدل النقص فى معدل نمو سلالة أخرى من نفس النوع البرى جُمعت من أماكن أقل ارتفاعًا وسلالة أخرى من الطماطم.

وتبين من دراسة أُجريت على عدة عشائر وراثية لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للبرودة UCT5 والسلالة المتحملة PI 120256 أن النمو المطلق فى الحرارة المنخفضة والنمو النسبى فى الحرارة المنخفضة مقارنة بالنمو فى الحرارة المعتدلة كانتا صفتين وراثيتين يتحكم فيهما تأثيرات مضيفة وتأثيرات تفاعلات مضيف × مضيف (Foolad ١٩٩٩).

وتبين من دراسة على السلالة المتحملة للبرودة LA 1777 من *S. habrochaites* وجود ثلاثة QTLs على الكروموسومات ١، ٥، ٦ تتحكم فى عدم تأثر مختلف جوانب البناء الضوئى فى ظروف الحرارة المنخفضة (Oyanedel وآخرون ٢٠٠٠).

وفى دراسة مقارنة بين صنف الطماطم الحساس للبرودة T5 وسلالة *S. habrochaites* المتحملة LA 1778، وُجِدَ أن ذبول النمو الخضرى وامتصاص الأمونيوم فى ظروف شد البرودة يتحكم فيهما عدة QTLs (Truco وآخرون ٢٠٠٠).

ومن المعروف أن نباتات النوع البرى *S. habrochaites* تتحمل ظروف الشد البيئى، بما فى ذلك شدِّ الجفاف والبرودة. ونجد عند تعرض الجذور لحرارة ٦ °م أن النباتات تدخل فى شدٍّ رطوبى؛ يسبب إعاقة حركة الماء من الجذور إلى النموات الخضرية ويستجيب *S. habrochaites* لتلك التغيرات بإغلاق الثغور والمحافظة على ضغط الماء فى النمو الخضرى، بينما تفشل الطماطم — فى تلك الظروف — فى غلق الثغور وتذبل. ويتحكم فى تلك الاستجابة فى النوع البرى QTL تُعرف بالرمز stm9، وتقع على كروموسوم ٩ فى منطقة حُدِّدت بـ ٢,٧ سنتى مورجان، وهى منطقة تحتوى على جينات تختص بتحمل ظروف الشدِّ البيئى (Arms وآخرون ٢٠١٥).

طبيعة القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة

يبدو واضحًا من الدراسات — التى أجريت على السلالات البرية التى تنمو طبيعيًّا على ارتفاعات كبيرة فى جبال الإنديز — أن ميكانيكية مقاومتها للبرودة تعتمد على أمرين، هما:

١- بطء تحلل الكلوروفيل فيها عند تعرضها لظروف الليل البارد.

٢- سرعة تعويض الكلوروفيل المفقود منها ليلاً بمجرد تعرضها لضوء النهار.

كما يبدو أن تأقلم هذه النباتات على الحرارة المنخفضة يتمشى مع النظام الحرارى السائد فى مناطق انتشارها، والذى تنخفض فيه الحرارة ليلاً إلى الصفر المئوى، بينما ترتفع نهارًا إلى ٢٠ °م؛ وعليه.. فإن أفضل وسيلة لانتخاب نباتات مقاومة للبرودة هى تعريض النباتات لظروف مماثلة، وليس لدرجة حرارة منخفضة ثابتة (Patterson ١٩٨٨).

وقد دُرست طبيعة تحمل النمو الخضرى للبرودة فى تلقيح بين سلالة الطماطم المتحملة للبرودة P.I. 120256، وسلالة التربية الحساسة UCT5، وذلك بقياس الوزن الجاف للنمو الخضرى فى ظروف شد البرودة (١٥/١٠ °م)، ودليل التحمل tolerance index معبرًا عنه كنسبة بين الوزن الجاف تحت ظروف شد البرودة إلى الوزن الجاف فى ظروف عدم الشد (٢٥/١٥ °م). أدى شدّ البرودة إلى خفض الوزن الجاف للنمو الخضرى فى كل العشائر الوراثية، إلاّ أن السلالة P.I. 120256 كانت الأعلى تحملاً للبرودة (كان دليل التحمل = ٩٠,٥٪)، والسلالة UCT5 كانت الأقل تحملاً (دليل التحمل = ٣٨,٩٪). ووُجد ارتباط إيجابى (r = ٠,٧٦) بين الوزن الجاف للنموات الخضرية فى ظروف الشدّ والوزن الجاف فى ظروف عدم الشد؛ بما يفيد أن النمو فى ظروف شدّ البرودة يتأثر بقوة نمو النبات. هذا.. إلا إن عدم وجود ارتباط إيجابى (r = ٠,٤٧) بين الوزن الجاف فى ظروف عدم الشد ودليل التحمل، مع وجود ارتباط جوهرى (r = ٠,٩٢) بين الوزن الجاف فى ظروف شد البرودة ودليل التحمل يفيد بأن قوة النمو النباتى لم تكن عاملاً مُحدِّدًا فى التعبير عن دليل التحمل فى P.I. 120256 ونسله. وقد تبين أن التباين بين الأجيال كان تحت تأثير وراثى مضيف بصورة أساسية، دون وجود تأثير سيادى، ومع وجود تأثير تفاعل بسيط كان معظمه مضيف × مضيف (Foolad & Lin ٢٠٠١).

ووجد أن معدل النمو النسبى relative growth rate (اختصارًا: RGR) فى النباتات الصغيرة لصنف الطماطم منى ميكر Money Maker انخفض — لدى تعرضها لحرارة ١٢ °م — بمقدار ٤١٪، مقارنة بمعدل النمو النسبى على حرارة ٢٠ °م، بينما لم ينخفض الـ RGR فى السلالة LA 1777 من *S. habrochaites*، والسلالة LA 716 من *S. pennellii* — المتحملتين للحرارة المنخفضة — إلاّ بمقدار ٢٧٪، و١٨٪، على التوالى. وكان الانخفاض فى الـ RGR فى منى ميكر مرده إلى حدوث انخفاض فى نسبة المساحة الورقية leaf area ratio، الأمر الذى كان مرجعه إلى حدوث انخفاض مقداره

٣٥٪ فى المساحة الورقية الخاصة specific leaf area. وبالمقارنة... فإن الانخفاض فى الـ RGR فى النوعين البريين كان نتيجة لحدوث انخفاض فى معدل صافى التمثيل net assimilation rate مقداره ٢٤٪ فى *S. pennelli*، و١٤٪ فى *S. habrochaites*؛ بما يعنى إمكان الاستفادة من هذين النوعين البريين فى تربية أصناف من الطماطم أكثر كفاءة فى الاستفادة من طاقة التدفئة المحدودة فى الزراعات المحمية (van der Ploeg وآخرون ٢٠٠٧).

التربية لتحسين القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة

أُجرى تهجين جسمى بين الطماطم – الحساسة للبرودة – والنوع البرى *S. peruvianum* المتحمل، ووجد أن الهجين يتفوق على الطماطم ويُماثل النوع البرى أو يتفوق عليه فى صفات: معدل البناء الضوئى، والمحتوى الكلوروفيللى، وفى نشاط الإنزيم ribulose-1,5-biphosphate carboxylase وغيرها من الصفات ذات العلاقة بالبناء الضوئى، وذلك تحت ظروف شد البرودة (Bruggemann وآخرون ١٩٩٥).

وعلى خلاف ما تقدم بيانه.. أُنتج هجين جسمى cybrid يحتوى على سيتوبلازم سلالة متحملة للبرودة من *S. habrochaites* والطماطم (cybridization)، وتبين أن حساسية جهاز البناء الضوئى للحرارة المنخفضة مرده إلى جينات نووية وليس إلى السيتوبلازم؛ وبذا.. فإن عملية الـ cybridization لا تُفيد فى تحسين تحمل البرودة فى الطماطم (Venema وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك أُجرى تهجين جسمى بين السلالة المتحملة للبرودة LA 1777 من *S. habrochaites* والطماطم، نُقلت فيه كلوروبلاستيدات النوع البرى إلى الطماطم، ثم أُجرى تلقيح رجعى إلى ١١ سلالة من الطماطم، ووُجد أن إحلال كلوروبلاستيدات النوع البرى محل كلوروبلاستيدات الطماطم لم يكن فعَّالاً فى تحسين تحمل شدِّ البرودة (Dolstra وآخرون ٢٠٠٢).

كما أمكن تهجين السلالة LP 1650 من *S. peravianum* (وهى التى وجدت نامية على ارتفاع ١٦٥٠ م من سطح البحر) مع الطماطم، مع الاستعانة بمزارع الأجنة. وتبين أن الهجين كان مماثلاً للأب البرى فى تأقلم تفاعلات البناء الضوئى الظلامى فيهما عند تعرضهما للحرارة المنخفضة لفترة طويلة؛ بما يعنى إمكان الاستفادة من تلك السلالة فى نقل صفة تحمل الحرارة المنخفضة إلى الطماطم (Brüggemann وآخرون ١٩٩٦).

ومن المعروف أن الإنزيم Ascorbate peroxidase (اختصارًا: APX) يلعب دورًا هامًّا فى أيض فوق أكسيد الأيدروجين فى النباتات، مما يوفر لهم حماية ضد الشدّ التأكسدى. وقد وجد عند تحويل الطماطم وراثيًّا لزيادة التعبير عن APX فيها (المتحصل عليه من البسلة) أنه وفر حماية لها من أضرار الأكسدة المستحثة بكل من شد البرودة وشد الملوحة (Wang وآخرون ٢٠٠٥).

قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة المنخفضة

التباينات الوراثية فى قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة المنخفضة

كانت بداية التقييم للعقد فى الحرارة المنخفضة فى الأصناف التجارية، ثم انتقلت بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة، ثم إلى الأنواع البرية القريبة. ونذكر — فيما يلى — جانبًا من الجهود التى بذلت فى هذا المجال.

قُيِّمَ Curme (١٩٦٢) عددًا من أصناف الطماطم فى نظام حرارى ٢٣/٧ ْم نهار/ليل). ووجد اختلافات كبيرة فيما بينها؛ حيث تراوحت نسبة العقد فيها — تحت هذه الظروف — من ٢٪ إلى ٦٠٪. وذكر Minges (١٩٧٢) القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ضمن الأصناف: إيرلى نورث Earlinorth ورد كوشن Red Cushion، ووسكنس تشيف Wisconsin Chief. وفى الهند.. أجرى Nandpuri

وآخرون (١٩٧٥) اختبارًا تحت الظروف الطبيعية اشتمل على ٢٤ صنفًا، ووجدوا أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو البارد هى: كولد ست Cold Set، وأفلانش Avalanche، وإلاليهين Illalihin.

وفى كندا .. أجرى Kemp (١٩٦٨) تقييمًا شمل ١٩ صنفًا وسلالة من الطماطم، ووجد أن أكثرها قدرة على الإنبات والنمو والإزهار والعقد فى الحرارة المنخفضة هى الأصناف: كولد ست، وإيرلى نورث، وبونيتا، وأزربدزفسكى Azrbidzivsky، والسلالتان: P.I. 205040، و P.I. 280597. كما ذكر Smith & Millett (١٩٦٨) أن السلالة الأخيرة (P.I. 280597) تنتج حبوب لقاح بوفرة فى حرارة ١٠°م، وتعقد بصورة جيدة فى نظام حرارى ٢٠/٧°م (نهار/ليل).

وفى مصر.. اختبر Radwan وآخرون (١٩٨٦) ٤٣ صنفًا وسلالة من الطماطم تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاء، ووجدوا أن أكثرها إنتاجية وقدرة على العقد السلالتان إف إم ٥٢٠٠٩ FM 52009، ويوسى ٧٨ دبليو ٢٩ UC 78 W29، والصنف يوسى ٨٢ UC82.

وتتوفر القدرة على العقد فى الجو البارد فى الصنفين الكنديين صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxi (Harris ١٩٧٥ أ)، وصب أركتك شيرى Sub-Arctic Cherry (Harris ١٩٧٥ب).

وفى إطار البحث عن مصادر للقدرة على العقد فى درجات حرارة أكثر انخفاضًا.. اتجه الباحثون إلى الأنواع البرية. فقام Patterson وآخرون (١٩٧٨) بدراسة القدرة على النمو والعقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى عدد من سلالات النوع *S. habrochaites* التى تنمو – بريًا – على ارتفاعات مختلفة من سطح البحر فى بيرو وإكوادور، ووجدوا أن أكثرها قدرة على تحمل البرودة السلالات التى جمعت من على ارتفاعات عالية من بيرو.

ويذكر Zamir وآخرون (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 من النوع *S. habrochaites* تعد من أفضل مصادر القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة؛ فهى تنمو وتعقد ثمارها بصورة طبيعية فى الجو البارد، وتنبت حبوب لقاحها بنسبة ١٠٠٪ فى خلال خمسة أيام على حرارة ٥°م. وتنمو هذه السلالة فى بيئتها الأصلية فى بيرو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر فى جبال الإنديز.

كذلك وجدت خاصية القدرة على إنتاج حبوب اللقاح، وإنباتها، وعقد الثمار فى الحرارة المنخفضة فى ثلاث سلالات أخرى من *S. habrochaites* هى: LA 1393، و LA 1363، و LA 1366، وجميعها تنمو طبيعيًّا على ارتفاعات كبيرة (عن Patterson ١٩٨٨).

وقد أُجرى تقييم لمائة وسبعين صنفًا وسلالة من الطماطم والأنواع البرية القريبة لكل من خصوبة حبوب اللقاح (معبرًا عنها بعدد البذور التى تُنتج بالتلقيح اليدوى)، وانتثار حبوب اللقاح (تحرر حبوب اللقاح من المتوك) على حرارة ١٠°م. شملت الدراسة أعداد السلالات التالية من مختلف الأنواع: ١٢٢ من *S. lycopersicum*، و١٤ من *S. pimpinellifolium*، و٥ من *S. neorickii*، وسلالة واحدة من *S. chmielewskii*، و٣ سلالات من *S. chilense*، و١٢ سلالة من *S. habrochaites*، و٢١ سلالة من *S. peruvianum*، وسلالتان من *S. pennellii*. قللت الحرارة المنخفضة حيوية حبوب اللقاح بوضوح فى *S. lycopersicum*، إلاّ أن عدة أصناف أظهرت بعض التحمل، منها: Mex-69، وN-709، وMex-72، و C-20، وStupicke Rané، وMex-92، وMex-102. وأظهرت حبوب لقاح سلالات النوعين *S. pimpinellifolium*، و *S. chilense* استجابات للحرارة المنخفضة تشابهت كثيرًا مع استجابات حبوب لقاح الطماطم. وكانت حبوب لقاح سلالات النوعين *S. neorickii*، و *L. chmielewskii* متوسطة التحمل للحرارة المنخفضة.

هذا.. بينما أظهرت السلالات التالية قدرًا واضحًا من تحمل حبوب اللقاح للحرارة المنخفضة: PE-37، وPE-39، و PE-41، و LA1777 من *S. habrochaites*؛ وT-55،

وPI 251311، وPI 126448، و PI 126441، و PE-20، و PE-18 من *S. peruvianum*، و PE-45، و PE-47 من *S. pennellii*. وكان تحرر حبوب اللقاح من متوك تلك السلالات بدرجة مقبولة، مقارنة بتحرر حبوب اللقاح فى سلالات الطماطم المقيمة. كذلك كان الارتباط إيجابيًّا بين تحرر حبوب اللقاح من المتوك فى الحرارة المنخفضة وخصوبتها (Fernández-Munoz وآخرون ١٩٩٥).

هذا.. ومن بين المصادر المعروفة لأصناف الطماطم ذات القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة (أقل من ١٣ °م ليلاً) كلاً من: Cold Set، و Ostenkinskiz، و Precoce، و Puck، و Immuna Prior Beta، ومن أفضل المتوافقات (الـ combiners) لتلك الصفة، الأصناف: John Baer، و Puck، و Early North، و Cold Set (Althotra & Kalloo ١٩٩٥).

طرق التقييم للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة

إنتاج وحيوية حبوب اللقاح

فى Montfavet بجنوبى فرنسا.. اختبر Maisonneuve & Philouze (١٩٨٢) ٣١ صنفًا وهجينًا من الطماطم للقدرة على إنتاج حبوب لقاح بوفرة تحت ظروف صوبات غير مدفأة شتاء، وصلت فيها درجة الحرارة إلى أقل من ١٠ °م لعدة أسابيع، بينما كانت نباتات المقارنة نامية فى صوبة مدفأة. وقد درس الباحثان إنتاج حبوب اللقاح (بالوزن لكل زهرة) وحيويتها (معبرًا عنها بنسبة حبوب اللقاح التى تصبغ بالأسيتوكارمن acetocarmine). وقد وجدا توافقًا عاليًا بين ترتيب الأصناف حسب قدرتها على العقد وبين حيوية حبوب اللقاح التى تنتجها، وكانت أقل الأصناف حساسية للحرارة المنخفضة هى: Espalier، و Precoce، و Apeca، و Apedice، وMontfavet 63-4، و Pinkdeal، و Montfavet 63-5، وLucy، و Super Marmande. وقد تميزت هذه الأصناف بقدرتها — تحت ظروف البرودة — على إنتاج من ٢٠٪–٥٠٪ من حبوب اللقاح التى تنتجها — عادة — مع حيوية لا تقل عن ٧٠٪.

إنبات حبوب اللقاح وقدرتها على إخصاب البيضات

فى محاولة لإيجاد أيسر وأدق الطرق لتقييم تحمل الطماطم للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة قام Fernandez-Munoz وآخرون (١٩٩٤) بزراعة عدد كبير من أصناف وسلالات الطماطم المنزرعة والأنواع البرية القريبة منها فى ظروف حرارة مخفضة لا تزيد فيها الحرارة ليلاً عن ١٠ °م، ثم قاموا بمقارنة عدد البذور بالثمرة تحت هذه الظروف مع كل من:

١- عدد الأنابيب اللقاحية عند قاعدة قلم الزهرة.

٢- دليل نسبة العقد الطبيعى.

٣- نسبة حبوب اللقاح التى تصبغ بالأسيتوكارمن acetocarmine.

٤- نسبة حبوب اللقاح التى تعطى تفاعل فلورة fluorochromatic reaction عند استعمال صبغة الـ fluoreseine diacetate.

٥- نسبة حبوب اللقاح التى أنبتت فى البيئة الصناعية.

ولقد أظهرت جميع هذه القياسات ارتباطًا إيجابيًا ومعنويًا بين بعضها البعض، إلاّ أن عدد الأنابيب اللقاحية عند قاعدة القلم كان أكثر الصفات ارتباطًا بعدد البذور فى الثمرة. ونظرًا لأن قياس عدد الأنابيب اللقاحية عند قاعدة القلم لا يقل إجهادًا فى أدائه عن حساب عدد البذور فى الثمرة (الذى يقتضى الانتظار لحين نضج الثمار)، فإنه يُناسب الحالات التى يقتصر التقييم فيها على عدد محدود من التراكيب الوراثية، مع الحصول على نتائج سريعة ودقيقة.

كذلك كانت طريقتا الصبغ بالأسيتوكارمن والفلورة بسيطتين وسريعتين بحيث يمكن استعمالهما فى تقييم عدد كبير من السلالات بيسر وسهولة، وإن لم يكونا بدقة طريقة عدِّ الأنابيب اللقاحية فى قاعدة القلم، علمًا بأن طريقة الأسيتوكارمن كانت هى الأفضل.

أما طريقتا حساب دليل العقد الطبيعى ونسبة إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية فإنهما لم يكونا فاعلتين فى تقدير خصوبة اللقاح المنتجة فى الحرارة المنخفضة.

دراسة الإنزيمات المرتبطة بالعقد فى الحرارة المنخفضة

تمكن الباحثون من عزل إنزيمات متماثلة فى نشاطها وتأثيرها – ولكنها مختلفة فى شحنتها الكهربائية – ترتبط مباشرة بالقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة. ويمكن التعرف على هذه الإنزيمات بسهولة بطريقة الفصل الكهربائى electrophoresis، وهى التى تعرف باسم أيزوزيمات isozymes.

وقد كانت المجموعات الإنزيمية المرتبطة بصفة القدرة على العقد فى الجو البارد هى الخاصة بإنزيم Phosphogluco isomerase (يكتب اختصارًا: Pgi)؛ حيث عزلت أيزوزيمات ترتبط بحالات الأصالة الوراثية والخلط الوراثى لهذه الصفة. ويستفاد من هذه الأيزوزيمات بزراعة بذور النباتات التى يُراد انتخاب المتميزة منها فى صفة القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة، ثم استعمال جزء صغير من النسيج الورقى لكل منها – وهى فى طور البادرة – فى اختبار الفصل الكهربائى لفصل أيزوزيمات الإنزيم Pgi التى توجد بها؛ وبذا.. يمكن التعرف على النباتات التى يمكنها العقد فى درجات الحرارة المنخفضة، وهى التى يسمح لها بالنمو بغرض الانتخاب للصفات البستانية المرغوبة، ثم بدء دورة جديدة من التلقيحات الرجعية.

وراثة قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة المنخفضة

ذكر أن صفة القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة صفة مندلية بسيطة متنحية؛ وذلك اعتمادًا على نتائج دراسة استخدم فيها الصنف المقاوم للبرودة إيرلى نورث، والصنف الحساس مارجلوب.

هذا.. إلا أنه — تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة شتاء فى مصر (Ibrahim ١٩٨٤) — سلكت صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى مسلك الصفات الكمية، مع سيادة جزئية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف. وكانت درجات التوريث المقدرة لهذه الصفات منخفضة جدًّا؛ مما يدل على شدة تأثرها بالعوامل البيئية.

وتبعًا لـ Kalloo (١٩٩٣) فإن القدرة على عقد الثمار فى الطماطم فى الحرارة المنخفضة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنحٍ أو عوامل متنحية، وذلك كما وُجد فى انعزالات التلقيح مع *L. pimpinellifolium* (Kalloo ١٩٩٣).

وقد اختبرت حيوية حبوب لقاح نباتات الجيل الأول للتهجين بين الطماطم (الصنف منى ميكر) وسلالة متحملة للبرودة من كل من ثلاثة أنواع برية من الجنس *Solanum* بالصبغ بالأسيتوكارمن لحبوب اللقاح المنتجة شتاءً، ووجد أن الهجين *S. lycopersicum* × *S. pimpinellifolium* PE 13 أظهر قوة هجين موجبة فى الصفة، بينما كانت نباتات الجيل الأول للهجين النوعى بين الطماطم وكل من السلالة PE 47 من *S. pennellii*، و PE 37 من *S. habrochaites* وسطًا فى صفة تحمل حبوب اللقاح للبرودة. وقد بدا أن حيوية حبوب اللقاح فى الحرارة المنخفضة تُوَّرث كصفة كمية (Fernández- Munoz وآخرون ١٩٩٥).

التربية لقدرة الأزهار على العقد فى الحرارة المنخفضة

طريقة انتخاب الجاميطات

تمكن R. Jones ومعاونوه (Zamir وآخرون ١٩٨١) من إدخال صفة القدرة على العقد الجيد فى الحرارة المنخفضة من السلالة LA 1777 (من النوع البرى *S. habrochaites*) إلى الطماطم باتباع طريقة انتخاب الجاميطات Gamete Selection. وتعتمد الطريقة — ببساطة — على إجراء التلقيحات الرجعية الذاتية فى برنامج التربية فى درجات حرارة منخفضة؛ حيث لا تنبت وتشارك فى عملية الإخصاب سوى حبوب

اللقاح التى تحمل جينات القدرة على إحداث العقد فى هذه الظروف؛ ولذا فهى توفر كثيرًا من الوقت والجهد؛ فلو فرض وكانت الصفة التى يُراد نقلها يتحكم فيها ١٢ جينًا.. فإن عدد الجاميطات المختلفة وراثيًّا التى يمكن — حينئذٍ — إنتاجها فى الجيل الأول يكون $٢^{ن} = ٢^{١٢} = ٤٠٩٦$ جاميطة.

ومثل هذا العدد من حبوب اللقاح يمكن وضعه على ميسم زهرة واحدة؛ حيث لا تنبت منها — فى الحرارة المنخفضة — سوى التى تحمل الجينات المرغوبة فقط، وهى التى تُخصب البيضات. أما إن لم تتبع طريقة انتخاب الجاميطات.. فإنه تلزم — فى هذه الحالة — زراعة كل نباتات الجيل الثانى المختلفة وراثيًّا، وعددها $٤^{ن} = ٤^{١٢} =$ ١٦٧٧٧٢١٦ نباتًا؛ ليمكن انتخاب التركيب الوراثى المرغوب منها، وهو ما يستلزم زراعة نحو ١٠٠ ألف فدان من الطماطم ليمكن التعرف على التركيب الوراثى المرغوب. وقد أوضح الباحثون أنه أمكن مضاعفة عدد الهجن المتحصل عليها من أى تلقيح فى حرارة ١٢/٦ °م (ليل/نهار) بخلط حبوب اللقاح المراد اختبارها مع حبوب لقاح سلالة عادية من الطماطم ليس لها القدرة على الإنبات فى هذه الظروف.

وقد وجد أن حبوب لقاح السلالة LA 1777 من *S. habrochaites* — التى تنمو على ارتفاع ٣٢٠٠ م فى جبال الإنديز ببيرو — أكثر قدرة — بكثير — عن حبوب لقاح الطماطم فى إحداث الإخصاب فى الحرارة المنخفضة، كما كانت أكثر قدرة على الإنبات فى البيئة الصناعية على ٥ °م. ولما كانت أعداد التراكيب الوراثية الجاميطية التى ينتجها نبات خليط فى ن من العوامل الوراثية = $٢^{ن}$، فقد جرت محاولة للانتخاب لصفة القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة عن طريق انتخاب الجاميطات؛ فتم جمع حبوب اللقاح من الهجين بين الطماطم وسلالة النوع *S. habrochaites* المشار إليها واستخدمت فى التلقيح فى الحرارة المنخفضة. ويُستدل من الدراسة أن الانتخاب الجاميطى لتحمل حبوب اللقاح الحرارة المنخفضة يعتمد — ولو جزئيًّا — على جينات يُعبِّر عنها فى حبوب اللقاح ذاتها (Zamir وآخرون ١٩٨٢).

هذا .. وتُعرف صفات كثيرة جدًّا يكون فيها التحكم جاميطيًّا، منها – على سبيل المثال – عدم التوافق الجاميطى، وقطر حبة اللقاح وتركيبها، ومعدل نمو الأنبوبة اللقاحية، وبروتينات معينة، وكذلك بعض الإنزيمات (عن Zamir وآخرين ١٩٨٢).

إنتاج الهجن

أُنتج فى أسيوط الهجين SX23 الذى يمكنه العقد فى الحرارة المنخفضة، من تهجين بين الصنف Supermarmande كأم والسلالة التى تم انتخابها للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ASS-23 كأب. أنتج الهجين ٢٠ طنًا من الثمار للفدان، وكان ذلك أعلى من محصول الصنف سوبر مارمند بنسبة ٣٥٪، كما كان وزن ثماره أعلى من وزن ثمار أى من أبويه (Mohamed وآخرون ٢٠٠٢ب).

الفصل الثانى

التربية لتحمل شدِّ الحرارة العالية

حظيت التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المرتفعة باهتمام كبير من قبل مربى الطماطم ولكن — على خلاف التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المنخفضة — فإن معظم الجهود محصورة داخل نوع الطماطم *S. lycopersicum*.

قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة العالية

التباينات الوراثية فى قدرة البذور على الإنبات فى الحرارة العالية

تختلف أصناف وسلالات الطماطم فى قدرة بذورها على الإنبات فى الحرارة المرتفعة. كما يوجد ارتباط بين القدرة على الإنبات فى كل من درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة. وتتضح هاتان الحقيقتان فى جدول (٢–١)، الذى يبين استجابة ١١ صنفًا وسلالة من الطماطم لمعاملة الإنبات على حرارة ٣٥ °م لمدة خمسة أيام. علمًا بأن ثمانى من هذه السلالات كانت تعرف سلفًا — بقدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة. ويتضح من نتائج الدراسة أن سبعًا من هذه السلالات كانت — كذلك — قادرة على الإنبات فى الحرارة المرتفعة (Berry ١٩٦٩). ويمكن أن يضاف إلى هذه القائمة السلالة P.I. 341984 التى تتميز بالقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة والمرتفعة على حد سواء (عن Kaname وآخرين ١٩٦٩).

وفى دراسة أخرى على ١١ صنفًا وسلالة من الطماطم.. درس Coons وآخرون (١٩٨٩) تأثير معاملة استنبات البذور على حرارة ثابتة مقدارها ٢٥، أو ٣٠، أو ٣٥، أو ٤٠ °م، أو حرارة متغيرة كل ١٢ ساعة بنظام حرارى ٢٥/٤٠، أو ٣٠/٤٠، أو ٣٥/٤٠ °م. وقد وجد الباحثون أن أفضل إنبات على حرارة ثابتة مقدارها ٤٠ °م كان فى السلالات Nema 1200، و P 28693، و UC-28-L، بينما كان أفضل إنبات على حرارة متغيرة

بنظام ٣٥/٤٠°م فى السلالات P28693، وP28793، و UC28-L. وقد تحسن إنبات بذور مختلف السلالات كثيرًا لمجرد خفض الحرارة بمقدار ١٠ أو ١٥°م لمدة ١٢ ساعة كل ٢٤ ساعة، مقارنة بالإنبات على حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م.

جدول (٢-١): تأثير معاملة استنبات البذور لمدة خمسة أيام على حرارة ٣٥°م على إنبات بذور بعض أنواع وسلالات الطماطم، التى تتفاوت فى قدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

الصنف أو السلالة [أ]	الإنبات (٪)[ب]
U.A.I. 67-17-1(*)	٨٥ أ
U.A.I. 67-15-1 (*)	٦٨ ب
U.A.I 67-26-1 (*)	٥٤ ب
Fireball	٤٨ ب
P.I. 174261 (*)	٤٦ ب جـ
U.A.I 67-18-1 (*)	٤٦ ب جـ
Cold Set (*)	٤٥ ب جـ
P.I. 263713 (*)	٣٣ د
Heinz 1350 (*)	صفر هـ
Campbell	صفر هـ
Early Fireball	صفر هـ

(أ) تعرف السلالات المميزة بعلامة (*) بقدرتها على الإنبات فى درجة الحرارة المنخفضة.

(ب) السلالات التى تشترك فى أحد الحروف الأبجدية لا تختلف عن بعضها — جوهريًا — فى نسبة الإنبات.

قدرة النباتات على النمو الطبيعى فى الحرارة العالية

مصادر لقدرة النباتات على النمو الطبيعى فى الحرارة العالية

دُرس تأثير الشدّ الحرارى مورفولوجيًا وفسيولوجيًا على ١٩١ صنف وسلالة من الطماطم، وتبين أن السلالتين L00090، و L00091 كانتا الأكثر تحملاً، والسلالتين CLN 1462A، وCLN 1466E الأكثر حساسية (Shaheen وآخرون ٢٠١٦).

طبيعة قدرة النباتات على النمو الطبيعى فى الحرارة العالية

دُرست خصائص البناء الضوئى، والنتح، وتوصيل الثغور، والمحصول فى كل من صنف الطماطم المتحمل للحرارة Shuki، والصنف غير المحتمل Sataan، فى كل من حرارة الهواء العالية (٤٠/٢٣ ْم نهار/ليل)، والمعتدلة (٢٢/١٦ ْم)، وحرارة الجذور ١٥،و٢٠، و٢٥، و٣٠ ± ٠,٥ ْم، مع قياس الخصائص الفسيولوجية فى كل من مراحل النمو الخضرى، والإزهار، والإثمار.كانت قياسات البناء الضوئى، والنتح، وتوصيل الثغور أعلى جوهريًّا فى الصنف Shuki عما فى الصنف Sataan فى كل من حرارة الهواء والجذور العالية، فى كل من مراحل نمو البادرات والإزهار والإثمار، لكن لم تلاحظ أى فروق جوهرية بينهما فى حرارة الهواء المعتدلة. وكان محصول الثمار فى Shuki أعلى جوهريًّا عن محصول الصنف Sataan فى كل معاملات حرارة الجذور وحرارة الهواء العالية، لكن لم يظهر ذلك التفوق فى المحصول فى حرارة الهواء المعتدلة. وقد ارتبط المحصول جوهريًّا مع البناء الضوئى فى حرارة الهواء العالية، لكن لم يظهر ذلك الارتباط فى معاملة حرارة الهواء المعتدلة (Naknsah & Ito ١٩٩٥).

وأحدث تعريض بادرات الطماطم لصدمة حرارية لمدة ساعتين على ٤٥ ْم (بعد أن وصلت إلى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الرابعة على حرارة معتدلة) انخفاضًا هامًّا فى معدل البناء الضوئى فى الصنف الحساس Cambpell-28، بينما لم يظهر هذا التأثير فى صنف الطماطم المتحمل Nagcarlang (Camejo وآخرون ٢٠٠٥).

وقد وجد أن بروتين الصدمة الحرارية ذات الوزن الجزيئى الصغير الذى يوجد بالكلوروبلاستيدات Chloroplast small heat-schock protein (والذى يُشار إليه بالرمز chlp Hsp24) يحمى نظام الـ photosystem II (اختصارًا PS2) أثناء الشد الحرارى، كما وجد ارتباط إيجابى بين التباين فى إنتاج الـ Hsp24 وتحمل الـ PS2 للشدِّ الحرارى. وفى دراسة على إنتاج الطرز المختلفة من بروتينات الصدمة الحرارية

(Hsp70، وHsp60، وHsp24) فى تسعة تراكيب وراثية من الطماطم ظهرت تباينات كبيرة بينها فى معدل البناء الضوئى (P_N)، وارتباط جوهرى بين إنتاج كل من Hsp24، وHsp60 وتحمل الـ P_N للشد الحرارى (Preczewski وآخرون ٢٠٠٠).

التربية لقدرة النباتات على النمو الطبيعى فى الحرارة العالية

أدى تحويل الطماطم وراثيًّا بالجين MT-sHSP إلى زيادة تحمل نمواتها الخضرية للحرارة العالية (Nautiyal وآخرون ٢٠٠٥).

قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية

طرق التقييم لقدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية

تمكن Stoner & Otto (١٩٧٥) من انتخاب النباتات المرغوبة فى صوبات تراوحت فيها درجة الحرارة العظمى من ٢٦–٣٧ ْم خلال فترة الاختبار، مقارنة بأصناف تتوفر بها تلك الصفة. ففى هذه الظروف.. لم تتعد نسبة العقد ١٠٪ فى الأصناف الحساسة، بينما بلغت ٣٢٪ فى الصنف Red Rock، و٦١٪ فى C28، و٧٤٪ فى Merit، و٩٢٪ فى Chic III، وهى الأصناف التى استخدمت للمقارنة.

أما Tarakanov وآخرون (١٩٧٨).. فيذكرون أن جمع حبوب اللقاح وتعريضها لحرارة ٤٠–٤٥ ْم لمدة ٦ ساعات كان كفيلاً بقتل حبوب اللقاح الحساسة. وقد أدى استخدام حبوب اللقاح التى عرضت لهذه المعاملة فى التهجينات إلى تحسين نسبة العقد فى النسل.

وقد قدر Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار، ونسبة حبوب اللقاح ونموها فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠ ْم لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدا أن كلا من إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية يرتبط إيجابيًّا – بصورة جوهرية – جدًّا بنسبة عقد الثمار، وكان معامل الارتباط (r) هو ٠,٩٨٨، و٠,٨١٥ للصفتين على التوالى.

وقد أمكنهما – برفع درجة الحرارة التى عرضت لها الأزهار من ٤٠ إلى ٤٨°م – زيادة القدرة على التمييز بين التراكيب الوراثية الحساسة والمقاومة لزيادة الفارق بينهما فى حيوية حبوب اللقاح تحت هذه الظروف.

التباينات الوراثية فى قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية

درس Schaible (١٩٦٢) الاختلافات بين أصناف الطماطم فى قدرتها على العقد فى ظروف الحرارة المرتفعة، بلغت فيها درجة الحرارة ليلاً ٢٧°م، ووجد أن أكثر الأصناف تحملاً هى: Porter، و Narcarlang. وأوضح Doolittle وآخرون (١٩٦١) أن الأصناف ذات الثمار الصغيرة الحجم تعد أكثر قدرة على العقد فى الجو الحار. وذكروا من أمثلتها Summer Set، و Hot6 Set، و Summer Prolific، وPorter.

وبالرجوع إلى Minges (١٩٧٢).. أمكن استخلاص القائمة التالية من أصناف الطماطم التى ذكرت عنها القدرة على العقد فى الحرارة العالية كواحدة من أبرز صفاتها:

Golden Marglobe	Early Summer Sunrise
Mozark	Lousiana All-Seasons
Pearl Harbor	Ohio WR Brookston
Red Global	Red Cloud
Spartan Red 8	Sioux
Summer Sunrise	State Fair
Summer Prolific	Summer Sunset
VF14	Texto NO.1

وفى اختبار شمل سبعة أصناف.. كان الصنف Hot Set أكثرها قدرة على تحمل الحرارة العالية؛ حيث بلغت نسبة عقد الثمار به ٧٧٪ تحت هذه الظروف (Levy

وآخرون ١٩٧٨). كما أوضحت دراسات Shelby وآخرين (١٩٧٨) قدرة الأصناف AU165، وNagcarlang، و Porter، و Saladette الجيدة على العقد فى الحرارة العالية.

وفى الهند.. أُجرى تقييم تحت الظروف الطبيعية شمل ٤٢ صنفًا، وتبين منه أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو الحار هى: Avalanche، و Tropic Punjab، و Marzano P4 (Nandpuri وآخرون ١٩٧٥).

وقد أوضحت دراسات Rudich وآخرين (١٩٧٧) أن نسبة العقد فى ظروف ٢٢/٣٩ ْم (نهار/ليل) بلغت ٥٦٪–٦٠٪ فى الصنف سالاديت Saladette، بينما تراوحت من صفر إلى ٢٢٪ فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية. يتميز هذا الصنف — الذى أنتجه P.W. Leeper فى تكساس — بنموه الخضرى المحدود، وثماره الصغيرة القليلة البذور.

وفى لويزيانا.. اختبرت ستة أصناف وسلالات من الطماطم (هى: L401، وS6916، و BL6807، و Saladette، و Chico III، و P.I. 262934، و Floradel)، ووجد أن نسبة العقد تراوحت — تحت ظروف الحرارة المرتفعة — من ١٪ فى السلالة L401 إلى ٥٠٪ فى السلالة BL 6807؛ أما فى الجو المعتدل أثناء الربيع.. فقد بلغت نسبة العقد ٧٨٪، و٩٣٪ فى نفس هاتين السلالتين على التوالى (Hanna & Hernandez ١٩٨٢).

وفى مصر.. قيمت ١٠٥ من سلالات وأصناف الطماطم تحت ظروف الحرارة المرتفعة صيفًا (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية)، ووجد أن أكثر الأصناف إنتاجية وقدرة على العقد فى هذه الظروف هى: Peto 81، وUC82، وPunjab Chuhara، و Peto 86، كما كانت سلالتا التربية 78 W37-S1، و S-78-296-2، والصنف Saladette من أفضل المصادر الوراثية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف (Radwan وآخرون ١٩٨٦ أ).

هذا.. وقد أجريت أكبر دراسة على تقييم الطماطم للعقد فى الحرارة المرتفعة فى المركز الأسيوى لبحوث وتطوير الخضر (AVRDC). وقد قيم فى هذه الدراسة ٤٠٥٠ صنفًا وسلالة من الطماطم والأنواع الأخرى القريبة من الجنس *Solanum*، ووجد أن ٢٨ سلالة فقط (أى أقل من ١٪ من السلالات المختبرة) كانت ذات قدرة على العقد فى الحرارة العالية، واشتملت على ٣٠ سلالة من نوع الطماطم *S. lycopersicum*، و٧ سلالات من النوع *S. pimpinellifolium*، وسلالة واحدة من الهجين النوعى بينهما. كانت جميع هذه السلالات ذات ثمار صغيرة أو متوسطة الحجم، ويرجع موطنها إلى ١٥ بلدًا مختلفًا، أى إنها تختلف فى المنشأ (Villareal وآخرون ١٩٧٨، و Villareal & Lai ١٩٧٩).

وعندما قُيمت ١٧ سلالة وصنفًا من الطماطم للقدرة على العقد وتحمل الحرارة العالية فى صوبة حرارتها ٢٨/٣٩ ْم؛ نهار/ليل)، وجدت تباينات كبيرة بينها فى نسبة العقد بين ٣٠٪ إلى ٧٠٪، ومحصول الثمار/نبات من ١١ إلى ٤١٠جم، وفى نسبة الثمار الطبيعية المكتملة التكوين من ٧٪ إلى ٧٢٪ (Abdul-Baki ١٩٩١).

وقد تميزت سلالة الطماطم 2413L بالقدرة العالية على العقد فى ظروف الحرارة العالية، حيث أعطت محصولاً عاليًا، ولم يحدث فيها تساقط كبير للأزهار، وكانت الأغشية البلازمية فيها على درجة عالية من الثبات فى ظروف الحرارة العالية (Saeed وآخرون ٢٠٠٧).

الارتباط بين قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية وفى الحرارة المنخفضة

تشير الأدلة على أن صفتى القدرة على العقد فى الحرارة المرتفعة والمنخفضة مرتبطتان ببعضيهما، بحيث يكون الصنف القادر على العقد فى الحرارة المرتفعة قادرًا – كذلك – على العقد فى الحرارة المنخفضة، وربما تتحكم نفس الجينات فى الصفتين (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦). وكمثال على ذلك.. تميز الصنفان UC82، و Peto86 – فى مصر – بالعقد والإنتاجية العالية تحت الظروف الطبيعية صيفًا (يونيو ويوليو) وشتاء (ديسمبر ويناير) (Ibrahim ١٩٨٤).

ويذكر Nuez وآخرون (١٩٨٥) أن أصناف وسلالات الطماطم — التى أنتجت أصلاً للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة — كانت كذلك ذات قدرة جيدة على العقد فى الحرارة المرتفعة. ومن أمثلة تلك الأصناف Farthest North، و Severianin، و Sub Arctic Plenty، و BL6807. كما أنهم وجدوا أن سلالة الطماطم 0-1-29-0-0-1104 — التى انتخبت فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر لمقاومة الحرارة العالية — كانت كذلك مقاومة للبرودة.

وراثة قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية

نالت وراثة القدرة على العقد فى الحرارة العالية حظًا وافرًا من الدراسة، إلا أن نتائج هذه الدراسات كانت متباينة، وهو ما قد يمكن إرجاعه إلى اختلاف الأصناف المستخدمة فى تلك الدراسة، وبالتالى اختلاف الصفات المسئولة عن القدرة على تحمل الحرارة العالية فى كل منها. كما كان لطريقة الاختبار ذاتها أثرها البالغ فى النتائج.

يُعرَّف تحمل الحرارة العالية فى الطماطم بأنه القدرة على عقد الثمار فى حرارة ليل لا تقل عن ٢١ ْم.

ولقد تبين من الدراسات الوراثية أن هذه الصفة معقدة، وأن كفاءة توريثها منخفضة وتتراوح بين ٥٪، و١٩٪.

ونظرًا لأن تحمل الشدّ الحرارى فيما يتعلق بعقد الثمار يتضمن عديدًا من المكونات البيولوجية المؤثرة فيه، فقد اتجهت الأبحاث نحو دراسة كل مكون منها على حدة. وعلى سبيل المثال.. عندما دُرست وراثة صفة بروز الميسم من المخروط السدائى فى الحرارة العالية وجد أنها صفة سائدة جزئيًا، ويتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى عالٍ وكفاءة توريث عالية.

وأظهرت دراسة أخرى وجود جينات ذات تأثيرات مضيفة وغير مضيفة على صفة تحمل العقد فى الحرارة العالية. كذلك وجد نظام وراثى مماثل لذلك فيما يتعلق بصفة انشقاق المخروط السدائى الذى يحدث فى الحرارة العالية (عن Opena ١٩٩٠).

ونعرض – فيما يلى – لبعض هذه الدراسات

أوضحت الدراسات الوراثية على سلالة الطماطم AU160 ذات القدرة العالية على العقد فى الحرارة العالية – والصنف Floradel – الذى لا يعقد فى هذه الظروف – أن تلك الصفة سائدة جزئيًّا، وذات كفاءة توريث منخفضة قدرت بنحو ٥٤٪ فى المعنى العام، وبنحو ٨٪ فى المعنى الخاص (Shelby وآخرون ١٩٧٥ و١٩٧٨). وتوصل Villareal & Lai (١٩٧٩) إلى أن تلك الصفة معقدة. وقد بدا أن الجينات المسئولة عنها تتأثر بشدة بالعوامل البيئية (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦).

وقد أجرى El-Ahmadi & Stevens (١٩٧٩) دراسة موسعة تضمنت تلقيحات داياليل كامل بين ستة أصناف وسلالات من الطماطم. منها صنف حساس للحرارة المرتفعة وخمسة ذات قدرة على العقد فى الحرارة العالية لأسباب متباينة (أى إنها تختلف فى طبيعة قدرتها على العقد تحت تلك الظروف)، هى: عدد الأزهار فى العنقود، ونسبة العقد، وعدد البذور فى الثمرة، ومدى بروز ميسم الزهرة من المخروط السدائى. وقد توصل الباحثان إلى النتائج التالية:

١– فى درجات الحرارة المعتدلة والعالية.. كانت صفة عدد الأزهار بالعنقود مرتبطة بجينات متنحية، وكانت كفاءة توريث هذه الصفة مرتفعة؛ حيث قدرت بنحو ٧٦٪.

٢– فى الحرارة العالية.. تتحكم فى صفة عقد الثمار جينات ذات تأثير مضيف أساسًا، وكانت كفاءة توريث هذه الصفة متوسطة؛ حيث قدرت بنحو ٥٢٪.

٣– فى الحرارة المعتدلة والعالية.. تحددت صفة عقد البذور (معبرًا عنها بعدد البذور فى الثمرة، وهى مقياس لخصوبة الجاميطات) بتفاعلات بين جينات غير آليلية، وكانت مكونات التباين الوراثى سائدة أساسًا، وكفاءة توريث الصفة منخفضة؛ حيث قدرت بنحو ٣٠٪.

٤- فى الحرارة العالية.. تتحكم فى صفة بروز الميسم من المخروط السدائى جينات سائدة جزئيًا وذات تأثير مضيف، وكانت كفاءة توريث الصفة مرتفعة؛ حيث قدرت بنحو ٧٩٪.

وفى دراسة أخرى شملت تلقيحات نصف دياليل بين سبعة أصناف وسلالات من الطماطم، وجد ما يلى (Hanna وآخرون ١٩٨٢):

١- كانت أفضل السلالات فى القدرة على التآلف لصفة العقد الجيد فى الحرارة العالية هى S6916، وتلتها السلالة BL 6807، بينما كانت السلالة L401 أقلها فى هذه الصفة.

٢- كان الفعل المضيف للجينات أكثر أهمية من الفعل غير المضيف فى التأثير على صفة العقد الجيد فى الحرارة العالية.

وفى مصر.. وُجد — عندما أجريت دراسة وراثية تحت ظروف الحرارة المرتفعة صيفًا (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية) — أن صفات العقد والمحصول المبكر والكلى كانت كمية، كما لم يظهر تأثير سيادى للجينات الخاصة بالقدرة على العقد فى هذه الظروف. وقد أظهر الهجين Saladette × Cal Ace VF قوة هجين لصفة المحصول تحت هذه الظروف. وكانت كفاءة توريث صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى منخفضة جدًا فى جميع التلقيحات؛ مما يدل على شدة تأثر هذه الصفات بالعوامل البيئية (Ibrahim ١٩٨٤).

وتبين من تحليل دياليل أن كلاً من خصوبة حبوب اللقاح وعقد الثمار فى ظروف الحرارة العالية يتحكم فيها نظام وراثى إضافى بصفة أساسية (Dane وآخرون ١٩٩١).

ويُستدل من بعض الدراسات أن الحساسية للحرارة العالية التى تعود إلى بروز الميسم صفة يتحكم فيها عدد محدود من الجينات السائدة، وكانت كفاءة توريثها عالية.

كما ذكر أن صفة القدرة على العقد فى الحرارة العالية ربما يتحكم فيها عدد من الجينات السائدة مع كفاءة توريث متوسطة فى المعنى العام (٥٤٪)، ولكن منخفضة جدًا فى المعنى الخاص (٨٪). كما أوضحت دراسة أخرى أن تلك الصفة كمية وذات كفاءة

توريث منخفضة (٥٪–١٩٪). وتبين من دراسة ثالثة أن صفة تحمل الحرارة يمكن أن يتحكم فيها عدد قليل من الجينات الرئيسية المتنحية. وترجع تلك التباينات فى نتائج الدراسات الوراثية إلى اختلاف الآباء المستخدمة فى التلقيحات مع وجود تأثير قوى للعوامل البيئية (عن Hall ١٩٩٢).

هذا.. وتتميز سلالة طماطم مركز بحوث وتطوير الخضر الآسيوى CL 5915 بأنها مصدر هام لجينات القدرة على العقد فى ظروف الشد الحرارى. وأظهرت دراسة وراثية عليها انخفاضًا واضحًا فى درجة توريث تلك الصفة، سواء أكان معبرًا عنها بنسبة عقد الثمار (٠,٣١، و٠,٢١)، أم بعدد الثمار بالعنقود (٠,٢٨، و٠,١٤)، أم بعدد الأزهار بالعنقود (٠,٥٣، و٠,١٥) فى سنتى الدراسة، على التوالى. ويعنى ذلك أن انتخاب النباتات الفردية للقدرة على العقد فى الحرارة المرتفعة بين نباتات الجيل الثانى لتلقيحات تتضمن السلالة CL 5915 لا يُجدى، وأنه يتعين أن يعتمد الانتخاب على اختبار بمكررات لأنسال الجيل الثالث والأجيال التالية (Hanson وآخرون ٢٠٠٢).

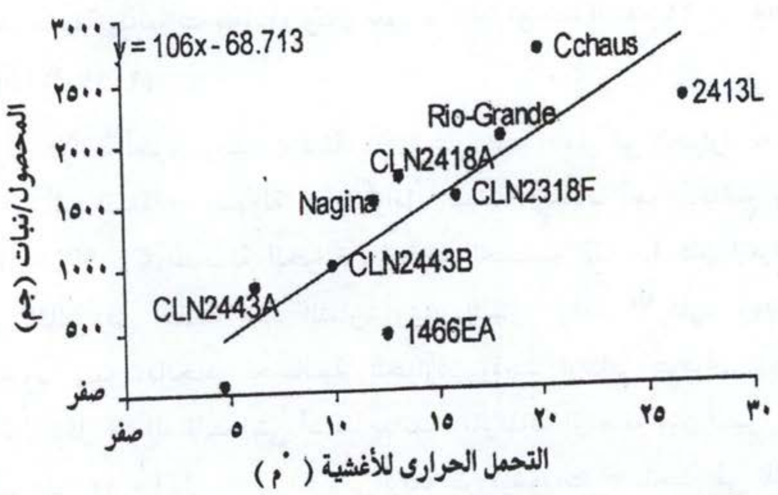
وأظهرت دراسة وراثية أخرى على سلالة الطماطم CL 5915 المتحملة للحرارة العالية أن تحملها – معبرًا عنه بعقد الثمار وبعدد الثمار فى العنقود – يتحكم فيه تأثيرات مضيفة وتأثيرات سيادة، وكان متوسط كفاءة توريث الصفة ٠,٢٦ (de la Pena & Hughes ٢٠٠٧).

وفى دراسة أخرى وجد أن صفة القدرة على عقد الثمار فى الحرارة العالية تورث كميًّا، وتتأثر الصفة – بسهولة – بالعوامل البيئية. وعندما أُجرى تلقيح بين سلالة الطماطم CL 5915 المتحملة للحرارة والسلالة الحساسة L4422 كان انعزال نباتات الجيل الثانى فى صفات عدد الثمار، وعقد الثمار، وعدد الأزهار، وعدد البذور، والمحصول يميل باتجاه الحساسية للحرارة. ووجد ارتباط جوهرى إيجابى بين المحصول وكل من الصفات التى أسلفنا بيانها، بالإضافة إلى صفة وزن الثمرة. وقد أمكن التعرف على ١٢ QTLs – موزعة على أربعة كروموسومات – تتحكم فى تلك الصفات الست (Lin وآخرون ٢٠٠٧).

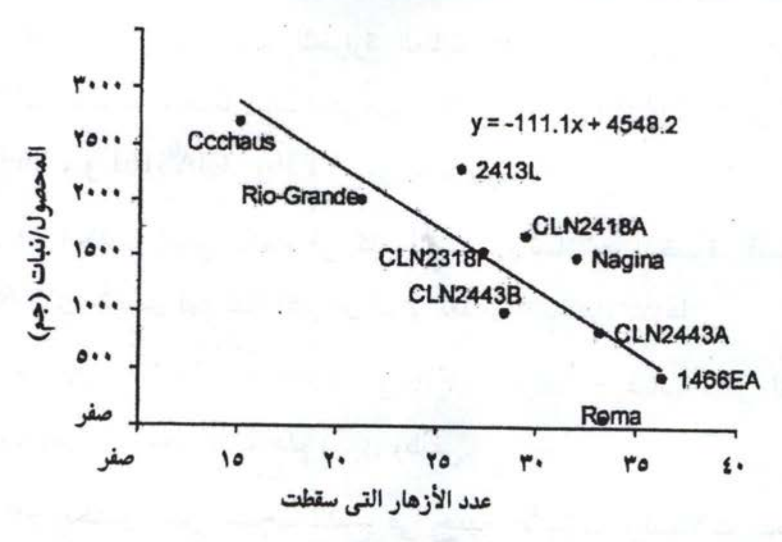
طبيعة قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية

أُرجعت الاختلافات الوراثية بين ٤٠٥٠ صنف وسلالة من الطماطم وأنواعها البرية فى قدرة أزهارها على العقد فى الحرارة العالية إلى اختلافها فى صفات: السقوط المبكر للبراعم الزهرية، وبروز المياسم، وتشقق المخروط السدائى، وعقم حبوب اللقاح (Villareal وآخرون ١٩٧٨، و Villareal & Lai ١٩٧٩).

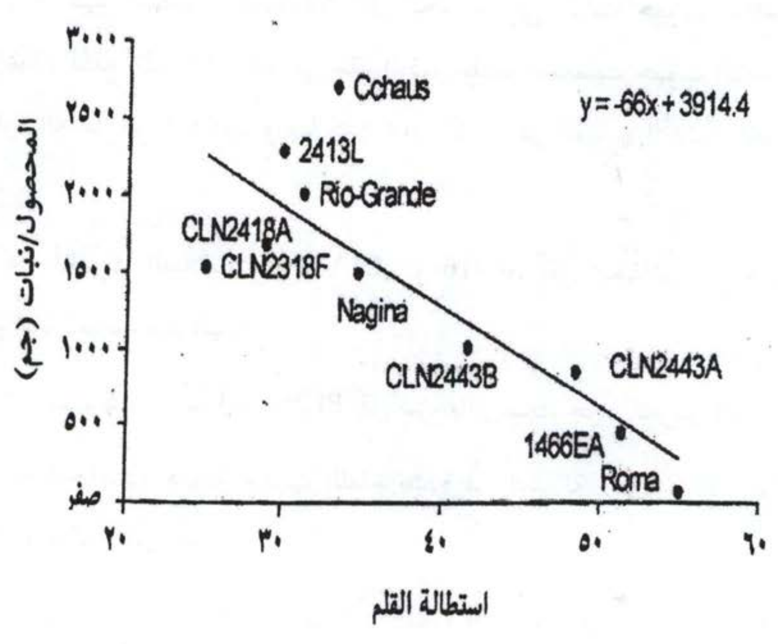
وأضحت دراسة أجريت على تقييم ١٠ أصناف وسلالات من الطماطم للقدرة على العقد فى الحرارة العالية أن أكثرها تحملاً كان الصنف Cchaus، وتلاه التركيب الوراثى 2413L، وهما اللذان أظهرا أعلى قدر من تحمل الأغشية الخلوية للحرارة العالية، وأقل عدد من الأزهار التى سقطت، وأعلى محصول. وتبين وجود علاقة موجبة بين محصول الثمار وثبات الأغشية الخلوية (شكل ٢-١) وأخرى سالبة بين المحصول وكل من عدد الأزهار التى سقطت (شكل ٢-٢)، واستطالة الميسم (شكل ٢-٣)، وانشقاق وانفصال المخروط السدائى. وفى هذه الدراسة كان الصنف روما أقلها فى ثبات الأغشية البروتوبلازمية وأكثرها حساسية للحرارة العالية (Saeed وآخرون ٢٠٠٧).



شكل (٢-١): العلاقة بين محصول ثمار أصناف الطماطم وتحمل أغشيتها البروتوبلازمية للحرارة العالية.



شكل (٢-٢): العلاقة بين محصول ثمار أصناف الطماطم وسقوط الأزهار فى الحرارة العالية.



شكل (٢-٣): العلاقة بين محصول ثمار أصناف الطماطم واستطالة أقلام أزهارها فى الحرارة العالية.

وقد دُرِست الاستجابة للحرارة العالية (٢٧/٣٨ °م؛ نهار/ليل) فى أصناف وسلالات الطماطم المتحملة للشدّ الحرارى: Saladette، و PI 262934، و BL 6807، وS6916 ، و CIAS161، وVF36، ووجد ما يلى:

١- انخفض إنتاج الأزهار فى كل الأصناف والسلالات المختبرة، فيما عدا BL 6807 الذى خُصِّص فيه قدرًا أكبر من المواد الغذائية المجهزة للأزهار.

٢- أظهر الصنفان Saladette، و VF36 – فقط – غياب كامل لظاهرة بروز الميسم، وهى التى تعد بمثابة عقم ذكرى وظيفى.

٣- انخفض إنتاج حبوب اللقاح فى جميع الأصناف والسلالات المختبرة، كما انعدم انتثار حبوب اللقاح فيها جميعًا.

٤- أظهر الصنف Saladette أقل انخفاض فى انبات حبوب اللقاح فى البيئة الصناعية، لكنه أظهر أكبر فقد فى عقد البذور عندما استعملت حبوب اللقاح المنتجة فى الحرارة العالية فى التلقيح. وربما كان عقد البذور هو المقياس الأفضل لحيوية حبوب اللقاح.

٥- أظهرت السلالتان CIAS161، و S6916 أقل انخفاض فى حيوية حبوب اللقاح تبعًا لمقياس عقد البذور.

٦- أظهرت السلالة PI 262934 أقل ضرر بالبييضات جراء التعرض للحرارة العالية.

٧- انخفضت حيوية حبوب اللقاح بشدة فى السلالة PI 26934، إلاّ أن حيوية بييضاتها كانت أقل تأثرًا.

٨- وبالمقارنة.. كان الانخفاض فى حيوية البييضات فى السلالة BL 6807 أكثر تأثرًا من الانخفاض فى حيوية حبوب اللقاح (El-Ahmadi ١٩٧٧، و El-Ahmadi & Stevens ١٩٧٩).

إن القدرة على العقد — فى الحرارة العالية — تُعزى إلى أسباب كثيرة متباينة فى مختلف السلالات، منها ما يلى (عن Rudich وآخرين ١٩٧٧، و Levy وآخرين ١٩٧٨، وKuo وآخرين ١٩٧٩، وStevens & Rick ١٩٨٦).

١- نقص مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات؛ لضعف البناء الضوئى بسبب تأثر إنزيم RuBPcase؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette.

٢- عدم انتقال المواد الكربوهيدراتية بكفاءة فى النبات؛ بسبب امتلاء الأنابيب الغربالية بالكالوس؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette أيضًا.

٣- قلة تكوين الأزهار؛ بسبب سوء توزيع التمثيل البنائى؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى السلالة BL 6807.

٤- ضعف إنتاج حبوب اللقاح واختلاف عملية تكوينها.

٥- عدم انتثار حبوب اللقاح بسبب عدم انشقاق المتوك؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette.

٦- ضعف حيوية وإنبات حبوب اللقاح، وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Nagcarlan.

٧- ضعف حيوية البويضات؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Malintka 101.

٨- بروز الميسم من المخروط السدائى؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنفين Saladette، و VF36.

٩- جفاف المياسم، وتلونها باللون البنى.

ووجد أن التراكيب الوراثية ذات الإزهار الغزير والثمار الصغيرة كانت أقل تأثرًا بالشدِّ الحرارى عن الأصناف ذات الثمار الأكبر حجمًا. وأحدث التعريض للحرارة

العالية لفترة طويلة خفضًا كبيرًا فى خصوبة حبوب اللقاح فى معظم التراكيب الوراثية باستثناء Red Cherry، وسلالة الطماطم الكريزية PI 190256، كما أحدثت الحرارة العالية بروزًا للمياسم مع تلونها باللون البنى فى جميع السلالات فيما عدا السلالتين CL-5915-553، و PI 190256 (Dane وآخرون ١٩٩١).

وعندما عُرِّضت نباتات مجموعتين من أصناف وسلالات الطماطم – حساسة ومتحملة للحرارة العالية عند عقد الثمار – لظروف طبيعية (٢٣/٢٧ °م؛ نهار/ليل)، وحرارة عالية (٢٣/٣٥ °م) فى صوبة زجاجية، تراوحت نسبة عقد الثمار فى الظروف الطبيعية بين ٤١٪، و ٨٤٪ فى المجموعة الحساسة، وبين ٤٥٪، و ٩١٪ فى المجموعة المتحملة، بينما لم يحدث أى عقد للثمار فى ظروف الحرارة العالية فى المجموعة الحساسة، وانخفضت نسبة العقد إلى ٤٥٪–٦٥٪ فى المجموعة المتحملة. ولم يكن إنبات حبوب اللقاح فى بيئة صناعية قبل أو بعد تعريضها لحرارة ٤٥ °م لمدة ساعة أو ساعتين أو أربع ساعات دالاً على عقد الثمار فى ظروف الشدِّ الحرارى (Abdul-Baki & Stommel ١٩٩٥).

ومقارنة بنتائج دراسات سابقة.. تبين لدى مقارنة الصنف الحساس للحرارة العالية Pusa Ruby، والصنف المتحمل للحرارة العالية عند العقد CL-1131 تماثلهما فى مدى بروز مياسم أزهارهما فى الحرارة العالية (٢٣/٢٨ °م)، وكذلك تماثلهما فى عدم وجود تشقق بالمخروط السدائى لأزهارهما فى الحرارة العالية (Lohar & Peat ١٩٩٨).

ولكن تُعد صفتا القدرة على إنتاج حبوب اللقاح وإنباتها فى ظروف الشدِّ الحرارى أهم العوامل المتحكمة فى القدرة على عقد الثمار فى تلك الظروف (Sato وآخرون ٢٠٠٠).

وقد أمكن التغلب على ضعف إنبات حبوب لقاح الطماطم على ٣٨ °م بإضافة الاسبرميدين والاسبرمين (اللذان لم يزدد تركيزهما فى ظروف شد الحرارة)، ولكن ليس

بإضافة البوترسين (الذى ازداد إنتاجه فى الحرارة العالية) إلى بيئة إنبات حبوب اللقاح. وتُفيد الدراسة أن ضعف نشاط الـ cyclohexamide — الذى ربما يكون مرده إلى ضعف إنتاج البروتين — يعد عاملاً رئيسيًّا لضعف إنبات حبوب اللقاح فى الحرارة العالية (Song وآخرون ٢٠٠٢).

إن تعريض أصناف الطماطم الحساسة للشدِّ الحرارى لحرارة عالية يؤدى إلى خفض أعداد حبوب اللقاح المنتجة، وإضعاف حيويتها وقدرتها على الإنبات؛ مما يؤدى إلى خفض نسبة عقد الثمار، وخفض أعداد البذور فى الثمار العاقدة، بينما لا تتأثر تلك الخصائص بنفس الدرجة فى الأصناف المتحملة للشدِّ. وقد وُجد أن الشدَّ الحرارى أحدث فى الأصناف الحساسة خفضًا جوهريًّا فى تركيز النشا فى حبوب اللقاح المتكونة قبل ثلاثة أيام من تفتح الزهرة، مع انخفاض موازٍ فى تركيز السكريات الذائبة فى حبوب اللقاح المكتملة التكوين، بينما لم تتأثر هاتين الخاصيتين بالشدِّ الحرارى فى الأصناف المتحملة للحرارة التى شملتها الدراسة، وهى Grace، وNC 8288، و FLA 7156، و Saladette، و Hazera 3018، و Hazera 3042، علمًا بأن الأصناف الحساسة التى شملتها الدراسة كانت أصولاً وراثية متشابهة isogenic lines لتلك المقاومة (Firon وآخرون ٢٠٠٦).

التربية لقدرة الأزهار على العقد فى الحرارة العالية

أُنتج صنف الطماطم الهجين Solar Set، وهو هجين بين سلالة فلوريدا الكبيرة الثمار Fla 7060 كأم وسلالة فلوريد المتحملة للحرارة Fla 7171 كأب، وهو الذى استمد خاصية قدرته على العقد فى الحرارة العالية من الصنف Campbell 28. والهجين Solar Set هو هجين استهلاك طازج يمكنه عقد الثمار فى حرارة ٢٢/٣٣ °م (نهار/ليل) مع رطوبة عالية (Scott وآخرون ١٩٨٩).

وأُنتجت سلالة الطماطم LHT24 ذات القدرة على العقد فى الحرارة العالية، من تلقيح بين الصنفين Fresh Market 9، وTamu Saladette. وهى — إلى جانب قُدرتها على العقد

فى الحرارة العالية — مقاومة لذبول فيرتسيليم، وللسلالة ١ من فطر الذبول الفيوزارى، وللفطرين *Stemphylium solani*، و*Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*، ولنيماتودا تعقد الجذور. وقد تراوح محصولها بين ١,٤٣، و ٢,٣٣ كجم/نبات، مقارنة بمحصول قدره ٠,١٧-٠,٩٤ كجم/نبات للصنف فلوراديد فى نفس التقييمات، كما تراوح وزن ثمارها بين ١٠٧، و١٤٦ جم، مقارنة بوزن قدره ١٥٦-١٧٢ جم لثمار فلوراديد (Hanna وآخرون ١٩٩٥).

كذلك كان الصنف Fla 7156 الأكثر قدرة على العقد فى الحرارة العالية (٢٨/٣٢ ْم نهارًا/ ليلاً) من بين تسعة أصناف تم اختبارها، على الرغم من انخفاض نسبة عقد ثماره إلى ٢٢,٥٪، مقارنة بالعقد (٤٦,٨٪) فى حرارة معتدلة مقدارها ٢٢/٢٦ ْم نهار/ليل (Sato وآخرون ٢٠٠٤).

هذا.. وتتوفر صفة القدرة على العقد فى الحرارة العالية فى السلالات والهجن التالية التى أنتجتها جامعة فلوريدا (Scott ٢٠٠٧):

أولاً: السلالات:

Fla. 7771 — Fla. 7171 PVP

Fla. 7776 — Fla. 7770

ثانيًا: الهجن:

Equinox — Solar Set

Solar Fire (Fla 7943B)

وقد استخدمت سلالة الطماطم Fla 7776 ذات القدرة على العقد فى الحرارة العالية كأحد آباء الهجين Solar Fire، الذى يتميز بالقدرة الفائقة على العقد فى الحرارة العالية (٢١/٣٢ ْم؛ نهار/ليل)، مقارنة بقدرة الأصناف التجارية المعروفة حينئذٍ فى عام ٢٠٠٦ (Scott وآخرون ٢٠٠٦).

وأُنتج صنف الطماطم Assiut-15 فى جامعة أسيوط كهجين بين صنف الطماطم Strain-B كأم، والسلالة HTT-294 (التى يمكنها العقد فى الحرارة العالية)، وهو يتميز بقدرته على عقد الثمار فى الحرارة العالية، ومن خصائصه ثماره الكبيرة، وتغطية نموه الخضرى جيدًا للثمار، ومحصوله الجيد (١٩ طن/فدان) (Mohamed وآخرون ٢٠٠٢ أ).

وقد طور مركز بحوث وتطوير الخضر الآسيوى أصنافًا عالية الجودة متحملة للحرارة العالية من كل من الطماطم والكرنب الصينى. وكانت بداية الاعتماد — بالنسبة للطماطم — على بعض سلالات التربية والسلالات المحلية من كل من المكسيك (مثل: VC 11-3-1-8، و VC 11-2-5، وDivisoria-2)، والولايات المتحدة (مثل: Tamu Chico III، و PI 289309). وقد أظهرت إحدى سلالات المركز الآسيوى — وهى CL 5915 — مستوى عالٍ من تحمل الحرارة فى جنوب شرق آسيات والمحيط الهادى (de la Pena & Hughes ٢٠٠٧).

وأظهرت معظم سلالات وأصناف الطماطم المنتجة فى معهد بحوث وتطوير الخضر الآسيوى قدرة على العقد فى الحرارة العالية، ومنها: سلالات Beaverlodge، و Nagearlan، و Red Cherry (Dane وآخرون ١٩٩١).

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لعقد ثمار الطماطم فى الحرارة العالية فى الدراسات المبكرة.. يُراجع Chandler (١٩٨٣).

قدرة الثمار على التلوين الطبيعى فى الحرارة العالية

وجدت سلالات من الطماطم كانت أكثر تحملاً لتمثيل الكاروتين فى الحرارة العالية (٣٢°م)؛ ولم يتأثر فيها تلوين الثمار فى تلك الظروف، كما يحدث فى الأصناف الحساسة، وتبين أن تلك الصفة بسيطة وسائدة (Johima ١٩٩٥).

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

الفصل الثالث

التربية للقدرة على العقد البكرى

يُعد عقد الثمار بكريًّا parthenocarpic fruit set بديلاً لعدم قدرة الثمار على العقد فى الحرارة العالية أو المنخفضة.

وقد استخدمت الأوكسينات ونظائر الأوكسينات لإنتاج ثمار طماطم بكرية العقد، ولزيادة حجم الثمار غير الملقحة جيدًا. هذا إلاّ أن الأوكسين يجب أن تُعامل به العناقيد الزهرية كل على انفراد لأنه يسبب تشوهات شديدة بالنموات الخضرية إذا ما عُوملت به، كما أنه يثبط استمرار الإزهار، وغالبًا ما تكون الثمار الناتجة من المعاملة به رديئة النوعية.

إن تكوين البذور يمثل جزءًا رئيسيًّا من تكون الثمار؛ فالبذور النامية تحفز زيادة الخلايا فى الحجم من خلال تمثيلها للأوكسين وجزيئات أخرى غير معروفة. وتتحكم نواتج النشاط الأيضى المصاحبة لنمو الجنين فى معدل انقسام الخلايا فى أنسجة الثمرة المحيطة بالبذور. ويؤثر عدد البذور المتكونة فى حجم الثمرة النهائى ووزنها. وبذا.. فإن خلو الثمار من البذور قد يكون مصاحبًا بتغيرات غير مرغوب فيها فى صفات جودة الثمار (عن Martinelli وآخرين ٢٠٠٩).

والحل البديل لمشكلة عقد الثمار اللجوء إلى صفة العقد البكرى الاختيارى facultative parthenocarpic fruit set الوراثى الذى يسمح بعقد ثمار بذرية إذا حدث الإخصاب، وثمار غير بذرية فى الظروف التى لا تناسب التلقيح.

مصادر ووراثة القدرة على العقد البكرى

تتوفر صفة القدرة على العقد البكرى فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم. وقد حُصِلَ عليها — غالبًا — من أحد مصدرين؛ هما: الهجن النوعية بين الطماطم وكل من

النوعين *S. habrochaites*، و *S. peruvianum*، وباستحداث الطفرات. فمثلاً.. حُصِلَ على الصنف الروسى سيفيريانين Severianin ذى القدرة العالية على العقد البكرى من الهجين النوعى: (Grnutovij Gribovskuj × *S. habrochaites*) × Byzon.

يتميز هذا الصنف بالقدرة على العقد البكرى فى جميع الظروف غير المناسبة للعقد، وبأن أعضاء أزهاره الجنسية — الذكرية والأنثوية — خصبة بدرجة عالية (Philouze & Maissonneuve ١٩٧٨). وقد وجدت Philouze (١٩٨١) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز pat-2، تمييزًا له عن الجين pat (نسبة إلى Parthenocrpy أى العقد البكرى)، الذى وجد فى سلالات أخرى تعقد بكريًا. وقد تأكدت وراثة صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين فى دراسات أخرى لكل من Lin (١٩٨٢)، و Hassan وآخرين (١٩٨٧). هذا.. إلا أن Vardy وآخرين (١٩٨٩ أ) توصلوا من دراستهم إلى أن صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين يتحكم فيها جنيان متنحيان، أحدهما الجين pat-2 — وهو جين رئيسى — والآخر هو الجين mp، وهو ثانوى، ويؤثر فى ظهور صفة العقد البكرى عند وجود الجين pat.

وقد عقد هذا الصنف بكريًا فى مصر خلال شهرى يناير وفبراير بالقناطر، وتفوق على الأصناف UC 82، و Peto 86، و VF 145-B-7879، و Floradade، وسلالة التربية UC 78W29 فى كل من نسبة العقد تحت ظروف الحرارة المنخفضة، والمحصول المبكر خلال شهر أبريل (Hassan وآخرون ١٩٨٧). وقد أوضحت دراسات Lin وآخرين (١٩٨٤) أن العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين صفة اختيارية؛ حيث إنها تنتج ثمارًا عادية فى الظروف المناسبة للعقد، وثمارًا بكرية فى الظروف غير المناسبة لذلك، مثلما تكون عليه الحال فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهارًا. هذا.. برغم أن الحرارة العالية لم تكن لها تأثيرات سيئة على الجاميطات أو تركيب الزهرة؛ وهو ما يعنى أن الظروف البيئية المحفزة للعقد البكرى تؤثر فى الأنسجة الجرثومية sporophytic tissues للزهرة، وليس فى أنسجتها الجاميطية gametophytic tissues.

وتأكيدًا لذلك.. وجد Scott & George (١٩٨٤) أن المعاملات التى تمنع التلقيح (مثل الخصى، وإزالة الميسم، وإزالة الأطراف البعيدة لكل من قلم الزهرة والأسدية) منعت تكوين البذور، ولكنها لم تمنع عقد الثمار. هذا بينما لم يكن للتلقيح — بحبوب لقاح فقدت حيويتها بمعاملة حرارية — أى تأثير فى نسبة العقد البكرى. وقد استخدم الباحثان فى هذه الدراسة الصنف سيفيريانين وسلالة أخرى — هى PSET-1 — تحمل نفس الجين pat-2، وسلالة ثالثة ألمانية تعقد بكريًا — هى RP 75/59 — وتختلف فى جينات العقد البكرى.

هذا.. وكان الجين pat قد ظهر كطفرة فى أحد أصناف الطماطم الإيطالية (عن Mapelli ١٩٧٩) لدى معاملتها بالـ ethylmethane sulphonate. تبعد هذه الطفرة بمقدار ٠,١٢ وحدة عبور من الجين sha (نسبة إلى short anthers أى الأسدية القصيرة). كما ظهرت طفرة آليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمز sha-pat؛ نتيجة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة فى السلالة رقم 2524. وكلتا الطفرتين pat، و sha-pat تنتج ثمارًا بكرية، وتتميز بالعقم الأنثوى.

وظهرت كذلك طفرة طبيعية قادرة على العقد البكرى — أطلق عليها اسم Montfavet 191 فى إحدى سلالات الطماطم الطبيعية. وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة — كما فى طفرة sha — ولكنها تعقد بكريًا — كما فى الطفرة sha-pat (السلالة 2524).

ويتلقح هذه الطفرة مع السلالة sha–pat الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة، وأنتجت ثمارًا بكرية؛ مما يدل على أن الطفرة Montfavet 191 — التى ظهرت تلقائيًا — تحمل نفس الجين sha-pat الذى يوجد فى السلالة الأصلية (Pećaut & Philouze ١٩٧٨).

ويستفاد من الدراسات التى أُجريت على صفة العقد البكرى للسلالة الألمانية 75/59 تحكم جينين (pat-3، و pat-4) فيها، وأنهما ينعزلان بصورة مستقلة عن بعضهما

البعض، وأن التركيب الوراثى المتنحى الأصيل، والتركيبين pat-3 pat-3, pat-4+، و pat-3+, pat-4 pat-4 جميعها تعطى ثمارًا بكرية (Nuez وآخرون ١٩٨٨).

تتميز سلالة الطماطم الألمانية RP75/59 (وهى التى أُنتجت فى ألمانيا من التلقيح: Atom × Bubjekosoko) بقدرتها العالية على العقد البكرى الاختيارى طوال العام، وبأن ثمارها البكرية العقد لا تختلف فى مظهرها أو وزنها عن الثمار البذرية التى تعقد بعد التلقيح اليدوى، وذلك فى مختلف الظروف البيئية باستثناءات قليلة، وهى تتشابه فى ذلك مع الصنف سيفريانين.

ولقد تبين باختبارات الآليلية أن تلك الصفة ليس مردها إلى الجين pat 1، أو الجين pat 2 – اللذان يوجدان فى الصنفين Montfavet 191، وSeverianin، على التوالى – ولا إلى الجين sha. ويستدل من تلك الدراسة أن صفة العقد البكرى فى 75/59 يتحكم فيها ما لا يقل عن ثلاثة (وربما أربعة أو خمسة) جينات متنحية تعمل مستقلة وبتأثير تراكمى (Philouze & Maisonneuve ١٩٧٨ أ، و Philouze ١٩٨٩).

يتبين مما تقدم أن أفضل مصدرين للعقد البكرى الاختيارى فى الطماطم هما الصنف الروسى Severianin الذى يحتوى على الجين pat-2، والسلالة الألمانية التى تحتوى – كما بينت دراسات أجريت عليها – على الجينين pat-3، و pat-4. لكن يُعاب على هذين المصدرين عدم وجود معلمات وراثية لهما، وصعوبة إكثار السلالات البكرية العقد بسبب قوة الظاهرة فيها، كما يُعتقد بأن تلك الجينات لها – كذلك – تأثيرات سلبية على جودة الثمار (عن Carmi وآخرين ٢٠٠٣).

وفى الولايات المتحدة.. أنتج Baggett & Fraizer (١٩٨٢) السلالة Oregon 11 التى تُعطى ثمارًا بكرية فى الجو البارد بنسبة ٦٦٪. تتميز ثمارها البكرية بأنها صلبة ولحمية، ونادرًا ما تكون مفصصة، أو تظهر بها جيوب. يبلغ متوسط وزن الثمرة حوالى ٣٠ جم، ومتوسط قطرها من ٣,٥–٤ سم، ويوجد بها ٣–٤ مساكن؛ وهى جيدة الطعم واللون، ذات جلد سميك ولكنه يتشقق أحيانًا.

كذلك أُنتجت السلالة Oregon T5-4 التى تعقد ثمارًا بكرية بنسبة ٣٠٪ فى الجو البارد، وثمارًا عادية فى الجو العادى، إلا أنها تختلف عن الصنف سيفيريانين فى احتياج أزهارها إلى التلقيح لكى تعقد بكريًّا فى الجو البارد. وقد اكتسبت سلالتى أوريجون صفة العقد البكرى من الصنف الكندى Farthest North.

وقد وجد أن صفة العقد البكرى فى صنف الطماطم Oregon T5-4 تنعزل فى الجيل الثانى بنسبة ٩ ثمار بذرية: ٧ ثمار لا بذرية؛ بما يعنى أن العقد البذرى الطبيعى يتطلب زوجان من الجينات السائدة المكملة لبعضها البعض.

وعندما هُجِّن الصنف Oregon T5-4 مع الصنف Severianin كان الانعزال فى الجيل الثانى ٢٧ ثمار بذرية: ٣٧ ثمار لا بذرية؛ بما يعنى تحكم ٣ أزواج من العوامل الوراثية المكملة لبعضها البعض فى الصفة، وأن صفة العقد البكرى يتحكم فيها جينات مختلفة فى الصنفين (Kean & Baggett ١٩٨٦).

وتبعًا لـ Ho & Hewitt (١٩٨٦)، فإن صفة العقد البكرى تتوفر فى عدة مصادر، يمكن تقسيمها — حسب درجة العقد البكرى بها، كما يلى:

١- درجة العقد البكرى منخفضة، وتتوفر فى: Atom، و Bubjekosoko، و Sub Arctic Plenty، و Oregon Cherry، و Pobeda.

٢- درجة العقد البكرى متوسطة، وتتوفر فى: Lycopera، و Earlinorth، و Oregon T5-4، و Parteno.

٣- درجة العقد البكرى عالية، وتتوفر فى: RP 75/59، و Severianin.

وقد أُنتجت سلالتان — IVT1، و IVT2 — ذواتا قدرة عالية على العقد البكرى عما يوفره الجين pat-2. وتستمد IVT1 صفة العقد البكرى من تهجين نوعى مع *S. habrochaites*، بينما تستمد IVT2 قدرتها على العقد البكرى من تهجين نوعى مع *S. peruvianum*. والصفة فى كلتا السلالتين سائدة جزئيًّا

(Zijlstra ١٩٨٥)، إلاّ أن نتائج دراسات أخرى تتعارض مع ما تقدم بيانه بشأن وراثة صفة العقد البكرى فيهما، كما سيأتى بيانه.

إن من مصادر العقد البكرى الأخرى فى الطماطم الجين pat الذى يتوفر فى الصنف Sorcssi (أو Montfavet 191)، وسلالتى IVT رقما ١، ٢ اللتان تعطيان مستوى أعلى وأكثر ثباتًا من العقد البكرى عما توفراه كلا من Sorcssi، و Severianin. ولقد طوِّرت السلالة IVT-1 — كما أسلفنا — من تهجين بين *S. habrochaites* والطماطم (*S. lycopersicum*) أُتبع بعدة تهجينات رجعية للطماطم (عن Harza & Dutta ٢٠١٠).

وعلى خلاف ما تقدم بيانه.. يسود الاعتقاد بأن العقد البكرى فى السلالة IVT-1 يتحكم فيه جين واحد متنحٍ. أما فى السلالة IVT-2 (التى حُصل عليها من تهجين بين *S. peruvianum* والطماطم) فقد افترض أن صفة العقد البكرى فيها كمية.

كذلك وجد أن العقد البكرى فى السلالة IL5-1 — التى طوِّرت من تهجين بين *S. harbochaites* والطماطم يتحكم فيه جينات أحدهما على الكروموسوم ١ (pat 4.1 والآخر على الكروموسوم ٥ (pat 5.1).

وعلى الرغم مما ثبت من أن العقد البكرى فى الصنف Severianin يتحكم فيه جين واحد متنح (pat-2)، فإن جينًا آخر (mp) يؤثر وهو فى الحالة المتنحية الأصيلة — كما أسلفنا — على تعبير الجين pat-2. ولقد وجد أن الجين pat يقع على الذراع الطويل للكروموسوم الثالث.

ولقد استخدم الجين pat-2 فى إنتاج الأصناف البكرية العقد Oregon Pride، و Oregon Star، و Siletz (عن Hazra & Dutta ٢٠١٠).

وتبين من دراسات أجريت على صنف الطماطم Oregon Pride أن العقد البكرى فيه اختيارى (صنِّفت الثمار التى تحتوى على ٢٠ بذرة منه على أنها بكرية العقد)، وأنه يوجد جين آخر — أُعطى الرمز ii — يؤثر فى الجين pat-2 المسئول عن العقد البكرى، ولا يوجد ارتباط بينهما (Hazra & Dutta ٢٠١٠).

وتعقد ثمار صنف الطماطم Nadja — الذى أُنتج فى جامعة أسيوط — ثمارًا بكرية فى الظروف غير المناسبة للعقد، سواء أكانت تلك الظروف حرارة عالية، أم حرارة منخفضة، وتتماثل الثمار البكرية العقد فى شكلها وحجمها وفى امتلاء مساكنها بالمادة الجيلاتينية مع الثمار غير البكرية العقد التى تتكون فى الظروف المناسبة للعقد. وقد تبين أن صفة العقد البكرى فى هذا الصنف بسيطة ومتنحية (Mohamed وآخرون ١٩٩٨).

ويستنتج مما تقدم بيانه توفر ثلاثة مصادر رئيسية للعقد البكرى الاختيارى فى الطماطم، هى: pat، و pat-2، و pat-3/pat-4، وجميعها يمكن أن تُفيد فى الإنتاج الزراعى، وفيها جميعًا يزداد تركيز الأوكسينات والجبريللينات فى مبايض الأزهار بما يكفى لتحفيز نمو الثمار دونما حاجة إلى تلقيح وإخصاب.

ولمزيد من التفاصيل حول تلك الظاهرة.. يُراجع Gorguet وآخرين (٢٠٠٥).

طبيعة القدرة على العقد البكرى

درس Hassan وآخرون (١٩٨٧) الاختلافات بين الصنف سيفيريانين والأصناف التجارية UC 82، و VF 145-B-7879، والهجن بينها فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريللينات الكلية الحرة، ووجدوا أنها تبلغ فى الصنف سيفيريانين نحو ثلاثة أمثال أىٍّ من الصنفين الآخرين. ولم تلاحظ فروق واضحة بين نباتات الجيل الأول ونباتات الآباء البذرية، أو بين محتوى الهجن والهجن العكسية فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريللينات الكلية الحرة؛ الأمر الذى يتمشى مع نتائج الدراسات الوراثية من أن الصفة متنحية، ويدلل على أهمية المحتوى المرتفع من الجبريللينات للعقد البكرى للثمار فى الطماطم.

ويعد إنتاج الأوكسينات والجبريللينات فى مبايض الأزهار الحاملة لأى من الطفرات pat، و pat-2، و pat-3/pat-4 العامل الأساسى فى العقد البكرى فيها (Gorguet وآخرون ٢٠٠٥).

وقد تأكد أن محتوى الجبريللين الطبيعى بأزهار الصنف سيفريانين يعد عاملاً هامًا فى عقد الثمار ونموها (Kataoka وآخرون ٢٠٠٤).

ويُذكر أن تركيز الـ GA_{20} يزداد فى مبايض أزهار الطفرة pat-2 – التى تتحكم فى العقد البكرى الطبيعى للثمار – حتى ١٦٠ ضعف تركيزه فى مبايض الأزهار غير البكرية العقد (Fos وآخرون ٢٠٠٠).

ويُذكر – كذلك – أن العقد البكرى فى السلالة الألمانية RP75/59 مردها إن زيادة تركيز كلا من GA_1، و GA_3 فى مبايض أزهارها قبل التلقيح (Fos وآخرون ٢٠٠١).

وتبين أن وجود تركيز عالٍ من إندول حامض الخليك فى مبايض أزهار الطماطم الحاملة لجين العقد البكرى pat-2 يثبط استطالة الأنابيب اللقاحية، وأن ضعف الإخصاب ينتج عنه فشل فى نمو البيضات (Johkan وآخرون ٢٠١٠).

ويتسبب جين عقد الثمار البكرى pat فى حدوث تأثيرات متعددة على أعضاء الزهرة الجنسية؛ مما يؤدى إلى ضعف خصوبة كل من أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث؛ فهو يؤدى إلى تقليل الطول والـ carpelloidy فى الأسدية، ووقف نمو أغلفة البييضة وتقليل حيويتها، والنمو الذاتى (البكرى) للمبيض (Mazzucato وآخرون ١٩٩٩).

التحويل الوراثى للقدرة على العقد البكرى

أمكن إنتاج طماطم محولة وراثيًا بكرية العقد تحتوى فى تركيبها الوراثى على منطقة التشفير للجين iaaM من *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (وهى: *P. savastanoi* pv. *savastanoi*) تحت تحكم وتنظيم الجين defh9 الخاص بالمشيمة والبييضة من *Antirrhinum majus*. يبدأ التعبير عن الـ defH9-iaaM مبكرًا أثناء تكوين الزهرة، ويتسبب فى إنتاج ثمار صالحة للتسويق من كل من الأزهار المخصية والأزهار الملقحة فى ظروف بيئية مثبطة لعقد الثمار فى النباتات غير المحولة وراثيًا، وهى التى لا يحدث فيها أى عقد للثمار، إلا إذا حدث فيها تلقيح وإخصاب.

وقد أُجرى نفس التحويل الوراثى فى الباذنجان وحُصِلَ على نفس النتائج (Rotino وآخرون ١٩٩٩).

وفى الطماطم كانت النباتات المحولة وراثيًّا بهذا الجين قادرة على عقد الثمار فى غياب عملية الإخصاب وفى الأزهار المخصية، ولكن أعطت الأزهار التى لُقِّحت ثمارًا بذرية. هذا.. ولم يختلف الوزن الطازج للثمار بكرية العقد أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة أو pH عصيرها عما فى الثمار البذرية (Ficcadenti وآخرون ١٩٩٩).

كذلك أمكن التعبير عن الجين rolB من *Agrobacterium rhizogenes* فى مبيض الطماطم، واختير هذا الجين لأن النباتات المحولة وراثيًّا به تُظهر عدة مظاهر للمعاملة بالأوكسين، فالثمار تكون بكرية العقد وطبيعية المظهر من حيث الحجم والشكل واكتمال تكوين المادة الجيلاتينية فى المساكن (Carmi وآخرون ٢٠٠٣).

وعندما حُوِّل صنف الطماطم UC82 وراثيًّا بالجين DefH9-Ri-iaaM — من *A. tumefaciens* — بحيث لم يُعبِّر عنه إلاّ فى المبيض — أُنتجت ثمارًا بكرية العقد قل فيها عدد البذور إلى حوالى عُشر العدد الطبيعى، ولم تختلف تلك الثمار عن نظيراتها غير المحولة وراثيًّا فى أى من الصفات التى دُرست، وهى: اللون والصلابة ونسبة المادة الجافة ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والـ pH والحموضة المعايرة والأحماض العضوية والليكوبين والتوماتين والفينولات الكلية ومحتواها من مضادات الأكسدة، ولكنها كانت أعلى فى محتواها من البيتاكاروتين (Rotino وآخرون ٢٠٠٥).

كما تبين لدى مقارنة ثمار نباتات صنف الطماطم MicroTom المحولة وراثيًّا بأى من الجينين iaaM (من *A. tumefaciens*)،أو rolB (من *A. rhizogens*) بطريقة لا تسمح لها بالتعبير إلاّفى مبايض الأزهار، أن ثمارهما كانت بكرية العقد واختلفت عن ثمار النباتات غير المحولة وراثيًّا فى عديد من الأحماض الدهنية والأحماض الأمينية ونواتج أيضية أخرى (Martinelli وآخرون ٢٠٠٩).

الفصل الرابع

التربية لتحمل شد الملوحة

الأساس الفسيولوجى لأضرار الملوحة

يُستدل من الدراسات التى أجريت على الطماطم أن الشدّ الملحى لا يؤثر على حيوية حبوب اللقاح، ولكنه قد يؤثر على عدد حبوب اللقاح التى تنتجها الزهرة الواحدة، فى الوقت الذى لا تتأثر فيه نسبة عقد الثمار بالملوحة حتى EC= ١٠ ديسى سيمنز/م، بينما تنخفض النسبة عند ارتفاع الـ EC إلى ١٥ ديسى سيمنز/م.

ونجد بزيادة مستوى الملوحة عن EC= ٢,٥ ديسى سمينز/م أن محصول الطماطم ينخفض بمقدار ١٠٪ مع كل زيادة مقدارها وحدة EC واحدة عن ذلك المستوى. ويرجع الانخفاض فى المحصول — أساسًا — إلى نقص فى متوسط وزن الثمرة، وليس فى أعداد الثمار. وفى إحدى الدراسات كان النقص فى متوسط وزن الثمرة حوالى ١٠٪، و٣٠٪، و٥٠٪ عندما كان رى النباتات بماء ملوحته ٥–٦، و ٨، و ٩ ديسى سيمنز/م، على التوالى. ولذا.. فإن أصناف الطماطم ذات الثمار الصغيرة بطبيعتها تكون أكثر تحملاً للمستويات المتوسطة والعالية من الملوحة عن الأصناف ذات الثمار الكبيرة. ومع ازدياد مستوى الملوحة يقل عدد الثمار التى ينتجها النبات بسبب نقص إنتاجه للعناقيد الثمرية حتى فى الأصناف ذات الثمار الصغيرة. هذا.. وتكون العناقيد الثمرية العليا على النبات هى الأكثر حساسية للملوحة العالية؛ لذا.. يفضل عند التربية لتحمل الملوحة السعى لإنتاج الأصناف المحدودة النمو (عن Foolad ٢٠٠٤).

ويعد تحمل الملوحة فى الطماطم خلال مرحلة النمو الخضرى أكثر أهمية من التحمل طوال مرحلتى إنبات البذور وبزوغ البادرات، ومرحلة الإزهار والإثمار ونضج

الثمار؛ ذلك لأن إنتاج الطماطم يكون غالبًا — بواسطة الشتلات من جهة، ولأن الطماطم تصبح متحملة للملوحة بدرجة عالية خلال المراحل المتأخرة من نموها، حيث يمكن لها أن تتحمل مستويات من الملوحة تعد قاتلة لها خلال مرحلة البادرة. كذلك فإنه يوجد ارتباط بين محصول الطماطم وحجم النمو النباتى خلال مرحلة النمو الخضرى فى ظروف الشدّ الملحى؛ مما يدل على أهمية تحمل الملوحة خلال تلك المرحلة.

ونجد فى التركيزات المنخفضة من الملوحة (EC= ٣-٥ ديسى سيمنز/م) أن نباتات الطماطم تعانى — أساسًا — من عدم التوازن فى العناصر المغذية التى تحصل عليها. ومع زيادة الملوحة إلى مستويات متوسطة إلى عالية (EC= ٦,٠ ديسى سيمنز/م) تعانى النباتات خلال مرحلة النمو الخضرى من كل من عدم التوازن فى العناصر المغذية وسمية بعض الأيونات؛ الأمر الذى يؤدى إلى نقص معدل النمو النباتى (Foolad ٢٠٠٤).

وقد درس El-Beltagy وآخرون (١٩٧٩) تأثير الملوحة على التركيزات الداخلية للإثيلين فى سيقان، وأوراق، وجذور نباتات الطماطم، والفلفل، والسبانخ؛ حيث وجدوا أن معاملة الملوحة العالية أحدثت زيادة ملحوظة فى تركيز الإثيلين فى كل من الأجزاء الهوائية والأرضية لنباتات الطماطم والفلفل، بينما لم تظهر أية زيادة فى تركيز الغاز فى نباتات السبانخ. وقد خلص الباحثون إلى أن ذلك ربما يعكس القدرة الطبيعية للسبانخ على تحمل الملوحة.

وفى دراسة أخرى.. وجد El-Saeid وآخرون (١٩٨٨) — لدى اختبارهم عدة أصناف من الطماطم — وجود ارتباط موجب عالى بين تأثير كل من معاملتى الأثيفون والملوحة على النباتات؛ من حيث سقوط الأوراق والأزهار. كما أدت المعاملة بالإثيفون إلى زيادة التأثير الضار للملوحة على النباتات. كذلك حصل الباحثون (El-Saeid وآخرون ١٩٨٨ أ) على نتائج مماثلة على اللوبيا.

وكان El-Beltagy & Hall (١٩٧٩) قد وجدا اختلافات جوهرية فى المستويات الداخلية للإثيلين، وفى معدل تساقط الأوراق عندما عرضت نباتات صنفين من الفول

الرومى لظروف استمرار تشبع وسط نمو الجذور بالرطوبة؛ حيث أدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى تركيز الإثيلين فى كل من النموات الجذرية والهوائية لنباتات الفول الرومى.

وتؤكد تلك الدراسات وجود اختلافات فى مدى حساسية النباتات للإثيلين، وفى قدرتها على إنتاج الغاز فى الظروف التى تعيق امتصاصها للماء من التربة (كزيادة الملوحة أو الغدق أو الجفاف).

قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف الشدِّ الملحى

تؤدى الحساسية للملوحة خلال مرحلة إنبات البذور إلى بطء الإنبات، وبطء نمو البادرات، وامتداد توزيع الإنبات على مدى فترة زمنية أطول؛ مما يكون له تأثير سلبى على ضبط المعاملات الزراعية وضبط توقيت الحصاد الآلى. ويعمل تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات على التغلب على تلك المشاكل.

التباينات الوراثية فى قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف شدِّ الملوحة

اعتمد بعض الباحثين فى اختبارات الملوحة على نسبة أو سرعة إنبات البذور فى وسط ملحى. فاختبر Jones (١٩٨٦) سرعة إنبات بذور ١٣ سلالة تمثل ستة أنواع برية من الجنس *Solanum*، و٢٠ سلالة من الطماطم فى أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم، وكانت أسرع السلالات إنباتًا – مرتبة تنازليًا – هى:

السلالة P.I. 126435 من *S. peruvianum*.

السلالة LA 716 من *S. pennellii*.

السلالة P.I. 174263 من *S. lycopesicum*.

كما أمكن التعرف على عدد آخر من السلالات التى أظهرت سرعة نسبية من الإنبات فى وجود كلوريد الصوديوم، وكانت من النوعين *S. pimpinellifolium*، و *S. peruvianum*. هذا.. إلا أن معاملة الملوحة أخرت الإنبات فى جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول)؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهريًّا – كذلك – فى غياب كلوريد الصوديوم.

كذلك وجد Sinel'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطم Yusupovskii، و Karlik 1185 كانا مقاومين؛ حيث أنبتت بذورهما على حرارة ٢٢ °م فى محلول ملحى يحتوى على ٠,٨٥٪ من كلوريد الصوديوم، بنسبة إنبات بلغت ١٠٠٪، و٩٦٪ للصنفين، على التوالى. وقد استمرت مقاومة الصنفين بعد شتلهما فى أصص وريهما بمحلول ملحى، مقارنة بالأصناف الأخرى التى قورنت بهما.

كذلك أمكن التعرف على سلالات برية من جنس الطماطم قادرة على الإنبات السريع فى ١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم، تضمنت سلالات من الأنواع *S. corneliomulleri*، و *S. pennellii*، و *S. pimpinellifolium*، و *S. peruvianum*، وكذلك سلات غير محسنة (landraces) من *S. lycopersicum*. وكانت أفضل السلالات ثباتًا فى الإنبات تحت ظروف الشدّ الملحى LA 716 من *S. pennellii*، والسلالة التركية P.I.17463 من *S. lycopersicum*. أما ثبات نمو البادرات فى ظروف الشدّ الملحى فكان أفضل ما يمكن فى كل من الصنف إدكاوى Edkawy والسلالة P.I. 174263، وتلاهما سلالات من كل من *S. pernuvianum*، و *S. corneliomulleri*، و *S. neorickii*. هذا ولم يكن هناك ارتباط بين القدرة على الإنبات السريع والقدرة على النمو المنتظم فى ظروف الشدّ الملحى (Jones ١٩٨٦، و Jones وآخرون ١٩٨٨).

واختبرت قدرة بذور ٤٢ سلالة برية من *S. pimpinellifolium*، و١١ صنفًا من الطماطم، والسلالة LA716 من *S. pennellii* المتحملة للملوحة، وصنف الطماطم المتحمل

P.I. 74263، والصنف الحساس UCT5.. اختبرت قدرتها على الإنبات فى صفر مللى مول أو ١٠٠ مللى مول ملح بحر مجهز synthetic sea salt يحتوى على أيونا الصوديوم والكالسيوم بنسبة مولارية مقدارها ٥ : ١، على التوالى، ووجد ما يلى:

١-ازداد الوقت الذى يلزم للإنبات بزيادة الشدِّ الملحى فى كل التراكيب الوراثية المختبرة، ولكن مع وجود تباينات وراثية فى هذا الشأن.

٢-أنبتت بذور السلالة LA1578 من *S. pimpinellifolium* بنفس سرعة إنبات السلالة LA 716، وأنبت كلاهما أسرع من أى تركيب وراثى آخر تحت ظروف الشد الملحى.

٣-أنبتت بذور ١٠ سلالات من *S. pimpinellifolium* أسرع من إنبات بذور سلالة الطماطم P. I 1174263، وأنبتت بذور ٣٥ سلالة من النوع البرى أسرع من UCT5 تحت ظروف الشد الملحى.

٤-كان هناك ارتباط موجب جوهرى جدًّا (r = ٠,٦٢) بين القدرة على الإنبات السريع فى الظروف الطبيعية وظروف الشدِّ الملحى (Foolad & Lin ١٩٩٧).

وراثة قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف شدِّ الملوحة

الوراثة الكلاسيكية

تبين من دراسة الجيل الأول والأجيال الانعزالية للتلقيح بين سلالة الطماطم المتحملة للملوحة P.I. 174263 والصنف الحساس UCT5 أن صفة التحمل أثناء إنبات البذور ليس مردها إلى خصائص معينة فى الجنين، وإنما — وبصفة أساسية — إلى عوامل ذات تأثيرات مضيفة فى الإندوسبرم، وأخرى ذات تأثيرات سائدة فى قصرة البذرة testa، ولكن معظم التباين الوراثى كان مردة إلى التأثيرات المضيفة فى الإندوسبرم؛ الأمر الذى انعكس فى الحصول على تقدير عالٍ لكفاءة التوريث فى المعنى الخاص لصفة القدرة على تحمل الملوحة أثناء الإنبات (Foolad & Jones ١٩٩١)؛ حيث قدرت (من

واقع ارتداد قيم متوسطات أنسال الجيل الثالث على قيم نباتات الجيل الثانى) بنحو ٠,٧٨ ، و ٠,٧٦ ، و ٠,٨٥؛ بما يعنى غياب أى تأثيرات جينية جوهرية للسيادة، وبما يعنى – كذلك – إمكان الحصول على استجابة سريعة للانتخاب فى الأجيال الانعزالية الأولى (Foolad & Jones ١٩٩٢).

لقد وجد أن تحمل الملوحة خلال مرحلة إنبات البذور صفة وراثية كمية أكبر مكوناتها التأثير المضيف، وكان مرد التباين فى تحمل الملوحة إلى التأثيرات الإضافية لإندوسبرم البذرة بصفة أساسية. وتبين أن صفة تحمل الملوحة أثناء إنبات البذور يمكن تحسينها بالانتخاب على أساس الشكل المظهرى؛ حيث بلغت كفاءة التوريث المتحققة realized heritability ٠,٧٣ (عن Foolad ١٩٩٩).

ويستدل من دراسات أجريت على صفة القدرة على الإنبات السريع تحت ظروف شدِّ الملوحة فى سلالة الطماطم P. I. 174263 (فى تلقيحات مع صنف الطماطم UCT5) أنها صفة وراثية وذات كفاءة توريث فى المعنى الخاص عالية، وقدرت بنحو ٠,٧٥ ، وأثبتت عدة دراسات أن تلك الصفة يتحكم فيها جينات ذات تأثيرات مضيفة بصفة أساسية؛ بما يجعل الانتخاب لها على أساس الشكل المظهرى أمرًا ممكنًا (عن Foolad ٢٠٠٤، و de la Pena & Hughes ٢٠٠٧).

الوراثة الجزيئية

فى دراسة على الجيل الثانى لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة UCT5، والسلالة المتحملة للملوحة LA716 من *S. pennellii* أمكن التعرف على ثمانى QTLs موزعة على سبعة كروموسومات وذات تأثيرات جوهرية على الصفة. كما تبين أن تلك الـ QTLs ذاتها تُسهم فى تحمل الملوحة عند مستويات مختلفة من الملح؛ بما يعنى أن الانتخاب لتحمل الملوحة عند أى مستوى من الملح يُعطى نسلاً متحملاً للملوحة فى مدى واسع من مستويات الشدِّ الملحى.

وفى دراسة أخرى على عشيرة BC_1S_1 لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة NC84173 والسلال المتحملة للملوحة LA722 من *S. pimpinellifolium* أمكن التعرف على ست QTLs تتوزع على ستة كروموسومات كانت لها تأثيرات جوهرية على تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات (Foolad وآخرون ١٩٩٨، و Foolad ١٩٩٩).

وتأكيدًا لما سبق بيانه.. أمكن اعتمادًا على عشيرة جيل ثانٍ من ٢٥٠٠ نبات لتلقيح بين سلالة الطماطم UCT5 وسلالة *S. pennellii* المتحملة للملوحة LA716 – التعرف على خمسة QTLs على الكروموسومات أرقام ١، و ٣، و٧، و٨، و ١٢ كانت ذات تأثيرات جوهرية على تحمل الملوحة خلال مرحلة إنبات البذور. وتأكدت صحة تلك النتائج بدراسات أخرى عديدة استخدمت فيها عشائر من تلقيحات أخرى شملت: *S. lycopersicum × S. pennellii*، و*S. Lycopersicum × S. pimpinellifolium*، وأكدت الدراسة التى استخدم فيها *S. pimpinellifolium* كمصدر لتحمل الملوحة معظم الـ QTLs التى سبق التعرف عليها، وأضافت اثنتان جديدتان على الكروموسومين رقما ٢، و٩. وتبين – كذلك – من جميع الدراسات أن قدرة بذور الطماطم على الإنبات فى الملوحة العالية يتحكم فيها عدد قليل من الجينات ذات تأثير رئيسى بالإضافة إلى عديد من جينات أخرى ذات تأثير محدود، كما لم تظهر تفاعلات تفوق بين الـ QTLs التى أمكن التعرف عليها، أو كانت تلك التفاعلات صغيرة (عن Foolad ٢٠٠٤).

وأظهرت سبعة QTLs على الكروموسومات أرقام ١، و٢، و٣، و٧، و٨، و٩، و١٢ قدرة أفضل على الإنبات فى ظروف الملوحة فى عشائر انعزالية متنوعة استُمِدت من كل من السلالة LA716 من *S. pennellii* والسلالة LA 7222 من *S. pimpinellifolium* (عن Li وآخرين ٢٠١١).

كذلك استخدمت عشيرتين ناتجتين من التلقيح بين الطماطم وكل من السلالة LA716 من *Solanum pennellii* والسلالة LA2951 من *Solanum lycopersicoides* للتعرف على QTLs لتحمل الملوحة فى مرحلة البادرة. ولقد

أمكن فى العشيرة التى حصلت على مقاومتها من *S. pennellii* التعرف على أربعة QTLs رئيسية على الكروموسومات أرقام ٦، و٧، و١١، بينما أمكن فى العشيرة الأخرى تحديد ستة QTLs رئيسية على الكروموسومات أرقام ٤، و٦، و٩، و١٢. وتشير الأدلة على أن الـ QTLs المشتركة على الكروموسوم رقم ٦ خاصة بالطماطم. وبالتلقيح بين ثلاث introgression lines من تلك الخاصة بـ *S. pennellii* — تحمل QTLs على الكروموسومين ٦، و٧ — أظهرت تلك المواقع سيادة وشبه سيادة semidominace، وتفاعل غير مضيف وتفوق بينها (Li وآخرون ٢٠١١).

طبيعة قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف شد الملوحة

تُشير كل الدلائل على أن ضعف إنبات البذور فى الملوحة العالية يرجع إلى زيادة الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى، وليس إلى أى تأثيرات سامة لأيونات معينة. وفى إحدى الدراسات دُرس إنبات بذور سلالات حساسة وأخرى متحملة للملوحة من كل من الطماطم و *S. pimpinellifolium* فى بيئات متساوية فى جهدها المائى (حوالى ٧٠٠ كيلو باسكال، أى حوالى ١٥ ديسى سيمنز/م) تحتوى على أى من كلوريد الصوديوم أو كلوريد المغنيسيوم أو كلوريد البوتاسيوم، أو كلوريد الكالسيوم، أو السوربيتول sorbitol، أو السكروز، أو المانيتول mannitol، ووجد أن تحمل الملوحة أثناء إنبات البذور كان مرده إلى التأقلم على انخفاض الجهد المائى، وليس إلى أى تأثيرات لأى أيونات معينة (عن Foolad ٢٠٠٤).

التربية لقدرة البذور على الإنبات وتحمل البادرات للنمو فى ظروف شدّ الملوحة

دُرست فاعلية الانتخاب لتحسين إنبات بذور الطماطم فى ظروف الملوحة العالية، وذلك فى نباتات الجيلين الثانى والثالث للتلقيح بين سلالة الطماطم المتحملة للملوحة P.I 174263 والصنف الحساس UCT5، باستعمال ثلاثة مستويات من الملوحة: ١٠٠

(منخفض)، و١٥٠ (متوسط)، و٢٠٠ مللى مول (عالٍ) من خليط أملاح البحر المجهز synthetic sea salt، وانتخبت النباتات الفردية (التى كانت الأسرع إنباتًا) عند كل مستوى من الملوحة. ومع استمرار الانتخاب حتى الجيل الرابع تبين أن الانتخاب كان فعّالاً بدرجة متماثلة فى جميع مستويات الملوحة، وكان يكفى قصر الانتخاب عند أى مستوى منها. وقد تراوحت درجة التوريث المتحققة realized heritability تحت مختلف مستويات الملوحة بين ٠,٦٧، و٠,٧٦ (Foolad ١٩٩٦).

وبالمقارنة مع وراثة تحمل الملوحة فى مراحل النمو التالية للإنبات ونمو البادرات فى الطماطم، فإن وراثة تلك الصفة فى مرحلتى الإنبات والنمو الأوَّلى للبادرات كانت أقل تعقيدًا وأقل تأثرًا بالعوامل البيئية؛ بما يعنى إمكان تحسين تلك الصفة بالانتخاب للشكل المظهرى أو بالانتخاب المساعَد بالمعلمات الوراثية marker assisted selection (اختصارًا: MAS). ولكن باعتبار أن مصادر التحمل معظمها برية، فإن الانتخاب المساعَد بالمعلمات الوراثية يكون أكثر فاعلية. وتفيد هذه الطريقة فى الانتخاب — كذلك — فى تجميع جينات التحمل من مصادر مختلفة، ولمراحل نمو مختلفة معًا فى تركيب وراثى واحد؛ فيما يعرف بعملية تهريم pyramiding الجينات (عن Foolad ٢٠٠٤).

ولقد لوحظ أن سلالات الطماطم السريعة الإنبات فى التركيزات المنخفضة من الملوحة (٧٥–١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم) تكون — كذلك — سريعة الإنبات فى التركيز العالى (٢٠٠ مللى مول كلوريد الصوديوم)، وأن الانتخاب لتحمل أى تركيز من الملوحة عند الإنبات يعطى نسلاً متحملاً لكل من مستويى الملوحة. ولكن بالنظر إلى أن معدل إنبات الطماطم فى المستوى المتوسط (١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) من الملوحة يرتبط بدرجة عالية بمعدل الإنبات فى كل من المستوى المنخفض (١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) والمستوى المرتفع (٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) من الملوحة؛ لذا.. يفضل إجراء الانتخاب لتحمل الملوحة فى مستوى متوسط من الشدِّ الملحى (عن Foolad ٢٠٠٤).

إنبات البذور فى مختلف ظروف الشدِّ والارتباطات بينها

العلاقة بين إنبات البذور فى ظروف الشدِّ وفى ظروف عدم الشدِّ

وجد أن السلالات التى تنبت بذورها سريعًا تحت ظروف عدم الشدّ تنبت سريعًا – كذلك – تحت ظروف الشد سواء أكان شد البرودة أم الشد الملحى. وعندما أُجرى اختبار شمل ٣٦ سلالة من الطماطم وأنواعها البرية كان ارتباط الشكل المظهرى بين الإنبات فى ظروف عدم الشد (٢٠ ْم) وظروف شد البرودة (١٠ ْم) عاليًا وقُدِّر بنحو r = ٠,٧٥، وكذلك عاليًا (r = ٠,٥٨ – ٠,٦٢) بين الظروف العادية وظروف شد الملوحة؛ بما يعنى إسهام آليات فسيولوجية متشابه فى الإنبات السريع للبذور تحت ظروف الشد وعدم الشد.

وأوضحت دراسات أخرى وجود جينات تؤثر فى إنبات البذور فى كل من ظروف الشدِّ وعدم الشدِّ، بالإضافة إلى جينات قد تكون خاصة بظروف الشدِّ وتؤثر فى الإنبات تحت ظروف الشدِّ فقط (Foolad ١٩٩٩).

العلاقة بين تحمل الملوحة وتحمل البرودة أثناء إنبات البذور

أظهرت دراسة أجريت على ٣٠ سلالة من الطماطم وخمسة من أنواعها البرية تماثلت استجابتها – حساسية أو تحمل – لكل من شدِّ البرودة وشدِّ الملوحة خلال مرحلة إنبات البذور، إلاّ أن بعض السلالات كانت أكثر تحملاً لأحد عوامل الشدِّ دون الآخر. وتبين وجود ارتباط إيجابى قُدِّر بنحو r = ٠,٧٧ بين الإنبات فى ظروف شدِّ البرودة وظروف شدِّ الملوحة؛ بما يعنى وجود بعض العوامل الوراثية التى تؤثر فى الصفتين معًا، ولكن عوامل إضافية أخرى ربما تؤثر فى تحمل أحد عوامل الشد دون الآخر.

كذلك عندما أُجرى انتخاب للقدرة على الإنبات السريع فى وجود شدِّ برودة أو شدِّ ملوحة على بذور نباتات الجيل الثانى لتلقيح بين سلالة الطماطم UCT5 الحساسة

لكل من شد البرودة وشد الملوحة أثناء إنبات البذور والسلالة P.I. 120256 المتحملة، ثم اختبر الإنبات فى بذور الجيل الثالث.. وجد أن الانتخاب لتحمل إنبات البذور لأحد ظروف الشد حسَّن قدره بذور النسل على تحمل حالتى الشد، مع وجود ارتباط وراثى عالٍ قدر بنحو r = ٠,٦٦ — ١,٠.

كذلك تبين وجود QTLs رئيسية على كروموسوم ١ تُسهم فى إنبات البذور السريع فى ظروف كل من شد البرودة والشد الملحى، وعديد من الـ QTLs الأخرى التى تؤثر فى تحمل الإنبات تحت أحد ظروف الشد دون الآخر؛ فكانت خاصة بظروف شدٍّ معينة، إلا أن الـ QTLs الأولى (غير الخاصة بظروف شد معينة) كانت أقوى تأثيرًا (Foolad ١٩٩٩، و Foolad & Lin ١٩٩٩).

العلاقة بين تحمل الملوحة أثناء إنبات البذور وخلال مرحلة النمو الخضرى

فى البداية دُرس تحمل الملوحة خلال مرحلتى الإنبات والنمو الخضرى (فى اختبارات مستقلة) فى عدد من عائلات الجيل الرابع للتلقيح بين سلالة الطماطم UCT5 الحساسة للملوحة فى كل مراحل إنبات البذور والنمو النباتى، والسلالة المتحملة للملوحة فى كل تلك المراحل P.I.174263، ولم يتبين وجود أى ارتباط بين قدرة البذور على الإنبات سريعًا وقدرة النباتات على النمو فى ظروف الشدِّ الملحى؛ بما يعنى عدم وجود أى علاقة مورفولوجية بين الصفتين.

وفى دراسة أُخرى انتخبت أسرع البذور إنباتًا (أول ٧,٣٪ من البذور النابتة) فى ظروف الشد الملحى من بين نباتات الجيل الثانى للتلقيح السابق، واختبر نسلها (الجيل الثالث) لتحمل الملوحة فى كل من مرحلتى إنبات البذور والنمو الخضرى. ولقد تبين أن الانتخاب الذى أُجرى فى الجيل الثانى كان فعّالاً فى تحسين تحمل الملوحة خلال مرحلة إنبات البذور فى الجيل الثانى، بينما لم يؤثر على تحمل النمو الخضرى

للملوحة فى نباتات الجيل الثالث؛ بما يعنى أن العوامل الوراثية التى أسهمت فى تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات تختلف عن تلك التى تُسهم فى تحمل الملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى.

وعندما قورنت مواقع الـ QTLs التى وُجد أنها تتحكم فى تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات بتلك التى وجد أنها تتحكم فى صفة تحمل الملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى، وجد أنها اختلفت — غالبًا — بين الحالتين باستثناءات قليلة تواكبت مع ارتباط شكل مظهرى ضعيف (قُدر بنحو r = ٠,٢٢) بين سرعة إنبات البذور ونسبة قدرة النباتات على البقاء فى ظروف الشدِّ الملحى (Foolad ١٩٩٩).

كما تبين من دراسة استخدمت فيها السلالة LA722 المتحملة للملوحة من *S. pimpinellifolium* وصنف الطماطم الحساس للملوحة NC84173، وذلك على نباتات التلقيح الرجعى الأول (NC 84173 × *S. pimpinellifolium* LA722) × NC 84173، ونباتات التلقيح الذاتى للتلقيح الرجعى الأول.. تبين وجود ارتباط ضعيف — ولكن جوهرى — بين إنبات البذور ونسبة البقاء تحت ظروف الملوحة، وأمكن التعرف على سبع، وخمس QTLs لتحمل الملوحة أثناء إنبات البذور، وأثناء النمو الخضرى، على التوالى. وكانت مواقع الـ QTLs للإنبات — فى معظم الحالات — مختلفة عن مواقع تلك الخاصة بالنمو الخضرى. وعمومًا أظهرت الدراسة استقلال وراثة تحمل البذور للإنبات فى ظروف الملوحة عن تحمل النمو الخضرى (Foolad ١٩٩٩).

ويُستنتج مما تقدم بيانه من دراسات أُجريت على كل من سلالة الطماطم P.I. 174263 (المتحملة للملوحة فى كل من مرحلتى الإنبات والنمو الخضرى) والصنف UCT5 (الحساس للملوحة فى كل المراحل التطورية) أن الانتخاب لتحمل الملوحة فى مرحلة الإنبات يُحسِّن جوهريًا من الإنبات فى ظروف الملوحة، ولقد كانت درجة التوريث المحققة realized heritability لتلك الصفة ٠,٧٣. هذا إلاّ أن الانتخاب

لتحمل الملوحة أثناء الإنبات لم يؤثر فى تحمل النباتات للملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى؛ فلم تظهر فروق جوهرية بين الأنسال المنتخبة وغير المنتخبة على أساس أى من النمو المطلق أو النمو النسبى فى ظروف الشدِّ الملحى. ويفيد ذلك تحكم نظم وراثية مختلفة فى تحمل الملوحة فى كل من مرحلتى الإنبات والنمو الخضرى، مع ما يعنيه ذلك من ضرورة إجراء الانتخاب لتحمل الملوحة فى كل مراحل النمو بدءًا بالإنبات (Foolad & Lin ١٩٩٧).

كذلك أوضحت الدراسات التى أسلفنا الإشارة إليها، والتى أجريت على وراثة تحمل الملوحة فى الطماطم أنه – فى كل مرحلة من مراحل النمو – يتحكم فى صفة التحمل عدد قليل من الـ QTLs ذات التأثير الرئيسى، وعديد من الـ QTLs بتأثيرات أصغر. ولقد أمكن التعرف على QTLs مختلفة فى مراحل النمو المختلفة؛ بما يعنى غياب العلاقات الوراثية بين تلك المراحل فى خاصية تحمل الملوحة. وبينما أمكن تحديد QTLs كانت خاصة بعشائر معينة ولا توجد فى غيرها، فقد أمكن – فى المقابل – تحديد QTLs كانت متواجدة فى عشائر وأنواع مختلفة من جنس الطماطم (Foolad ١٩٨٤).

العلاقة بين تحمل الملوحة أثناء إنبات البذور ومقاومة تعفن الطرف الزهرى

تحتوى سلالة IL8-3 – التى طوِّرت من السلالة M82d – على جزء كروموسومى من النوع البرى *Solanum pennellii*. وقد وجد أن بذور IL8-3 يمكنها الإنبات فى ظروف الشدِّ الملحى بصورة أفضل من بذور M82d؛ بما يعنى حصولها على جين لتحمل الملوحة من جينوم *S. pennellii*. وقد وجد أن آلية تحمل الملوحة تلك تتضمن التنظيم الأسموزى والاستجابة لحامض الأبسيسك. كذلك وجد أن معدل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى IL8-3 أقل مما فى M82d، وأن تلك الخاصية صفة سائدة، وأن

مردها – غالبًا – إلى القدرة العالية لنباتات تلك السلالة على امتصاص وتوزيع أيونا الكالسيوم والبوتاسيوم؛ نظرًا لأن ثمارها كانت أعلى محتوى من هذين الأيونين عن محتوى ثمار السلالة M82d منهما. وقد وجد أن كلا الجينين المتحكمين فى تحمل الملوحة وتعفن الطرف الزهرى يقعان فى منطقة كروموسومية واحدة قصيرة، هى الـ IL8-3-83 من IL8-3 (Uozumi وآخرون ٢٠١٢).

تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

طرق التقييم لتحمل النمو الخضرى لشدِّ الملوحة

استخدام الماء الملحى وماء البحر فى التقييم

من المفضل اختبار تحمل النباتات للملوحة بريها بمحاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من ماء البحر، بدلاً من الرى بمحلول لأحد الأملاح أو المخلوط من أملاح معينة؛ ذلك لأن توازن الأملاح – الذى يوجد فى ماء البحر – يجعله أكثر المحاليل الملحية قربًا إلى المحلول الأرضى من حيث محتواه من مختلف الأملاح والأيونات؛ حيث يزيد فيه تركيز أيونات البورون والمغنيسيوم والكبريتات والكربونات، بالإضافة إلى أيونى الصوديوم والكلورين (Rush & Epstein ١٩٨١).

ومن أهم خصائص ماء البحر ما يلى:

١- يبلغ محتواه من الأملاح ٣,٥٪؛ أى نحو ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون.

٢- يبلغ تركيز كلوريد الصوديوم به نحو ٠,٥ مولارًا، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءًا فى المليون، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزء فى المليون.

٣- تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٤٦,٣ مللى موز/سم (Weast ١٩٧٦).

ويبين جدول (٤-١) تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى، والمحلول المغذى، وماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

جدول (٤-١): تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى والمحلول المغذى وماء البحر.

العنصر	التركيز بالجزء فى المليون		
	المحلول الأرضى	المحلول المغذى	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠ ويعد غنيًّا بالعنصر
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠ ويعد غنيًّا بالعنصر
المغنسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢ ويعد غنيًّا جدًّا بالعنصر
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠,٠٠١ -٠,٧٠- ويعد فقيرًا جدًّا بالعنصر
الفوسفور	٠,٠١٥	٦٢	أقل من ٠,٠٠١ - ٠,١ ويعد فقيرًا جدًّا بالعنصر
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤ ويعد غنيًا جدًّا بالعنصر

وقد أجرى Hassan & Desouki (١٩٨٦) اختبارات التقييم لمقاومة الملوحة بإنتاج شتلات الطماطم فى وسط عادى (مخلوط من الرمل والبيت موس بنسبة ١: ١)، ثم شتلها فى أصص بقطر ٢٠ سم - مملوءة بالرمل المغسول - بمعدل ٣ شتلات بكل أصيص - وريها لمدة ٢-٤ أسابيع بمحلول مغذٍ حتى تستعيد نموها، ثم تبدأ بعد ذلك معاملة الملوحة، وتستمر لحين موت جميع نباتات المقارنة، ويمكن أن تستمر لمدة أسبوع أو أسبوعين آخرين لزيادة فاعلية الانتخاب.

وقد أجرى الباحثان معاملة الملوحة - بالرى خمس مرات أسبوعيًّا - بمحلول مغذٍ فى ٥٠٪ - ٧٥٪ ماء بحر. استُعمِل التركيز المنخفض عندما كانت النباتات رهيفة، وفى حالات الإضاءة الضعيفة. كما رويت النباتات بالمحلول المغذى فقط مرتين أسبوعيًّا؛ بغرض غسيل الأملاح التى يؤدى تراكمها على سطح الرمل إلى تحليق النباتات المنتخبة وموتها تدريجيًّا. كما أدت عملية الغسيل إلى نقل الأملاح إلى منطقة الجذور؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة فاعلية عملية الانتخاب لمقاومة الملوحة. وقد سجل الباحثان عدد النباتات الميتة بفعل الملوحة يوميًّا، وعرضا النتائج كنسبة مئوية متراكمة للنباتات الميتة مع الزمن.

وفى دراسة أخرى.. أجرى Hassan وآخرون (١٩٨٩) اختبار التقييم فى حجرة للنمو، مع رى البادرات ابتداء من عمر خمسة عشر يومًا - لمدة شهر — بمياه جوفية خُفف فيها تركيز الأملاح من نحو ٥٠ مللى موز/سم إلى ١٥ مللى موز/سم. أدت هذه المعاملة إلى موت نحو ٥٠٪ من أصناف الطماطم التى استخدمت للمقارنة.

واستخدم Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) — فى تقييمهم لتحمل الملوحة — محلولاً ملحيًّا يتكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (بنسبة ٣ : ١)؛ بتركيزات ١٠ آلاف جزء فى المليون، وكان دليلهم على تحمل الملوحة صفات وزن النبات، وعدد العناقيد الزهرية، والمحصول الكلى.

الأساس العملى للقدرة على تحمل الملوحة

يعتمد بعض الباحثين – فى تقدير القدرة على تحمل الملوحة – على أمرين، هما:

١- مستوى الملوحة المحتمل Salinity Threshold.. وهو الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن للنبات أن يتحمله دون أن ينخفض محصوله.

٢- الانحدار Slope .. وهو الارتداد الخطى linear regression للنقص فى المحصول، مقابل الزيادة فى مستوى الملوحة بعد المستوى المحتمل.

ويمكن أن يكون المحصول هو محصول الثمار الفعلى فى الأصناف التجارية، أو الوزن الجاف للسيقان، وللأوراق فى أى من الأصناف التجارية، أو السلالات البرية.

قياسات مدى تأثر المحصول

وجد عند تقييم أربعة أصناف من الطماطم الشيرى (الكريزية) وثمانية أصناف عادية لتحمل الملوحة — على أساس كل من أعلى درجة توصيل كهربائى EC لا يحدث عندها نقص فى المحصول (salinity-threshold)، ومقدار النقص فى المحصول مع كل زيادة وحدة EC (الانحدار slope)- أن الأصناف الكريزية كانت أكثر تحملاً للملوحة عن الأصناف العادية الثمار. أما على أساس استجابة النموات الخضرية للزيادة فى الـ EC فإن جميع الأصناف كانت متماثلة (Caro وآخرون ١٩٩١).

قياسات النمو النباتى وتحليل العناصر

وجد Cruz وآخرون (١٩٩٠) أن أفضل دليل لاختبارات تحمل الملوحة (اشتملت الاختبارات على ٣٩ سلالة وصنفًا من خمسة أنواع من الجنس *Solanum*) هو قياسات طول النبات، والوزن الجاف للأوراق، والوزنان الجاف والطازج للسيقان، ومحتوى الأوراق من عنصرى الكلور والصوديوم.

وتؤكد الدراسات إمكان الاعتماد على صفات طول الجذر، ومحتوى الأوراق من الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+، ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم؛ حيث يمكن استخدامها كأساس للانتخاب لتحمل الملوحة فى الطماطم (Saeed ٢٠٠٧).

ووجد أنه يمكن تحليل تركيز الصوديوم والبوتاسيوم بدقة بتحليل الوريقة الطرفية بدلاً من تحليل الورقة الكاملة، التى قد يؤدى الاستعانة بها إلى الإضرار بالنبات. وقد أعطى تحليل الوريقة الطرفية أقرب النتائج لتحليل الورقة الكاملة (González-Fernández وآخرون ١٩٩٥).

ظاهرة ميل أعناق الأوراق لأسفل

عُرِّضت نباتات من أصناف الطماطم إدكاوى، و Ramy، و Vemar لمستويات من الملوحة تراوحت من الصفر إلى ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم، ووجد أن الأصناف المتحملة للملوحة أظهرت درجة أقل من ظاهرة ميل أعناق الأوراق لأسفل (epinasty)، ومستوى أقل نسبيًا من إنتاج الإثيلين؛ مما يُفيد فى إمكان الاستفادة من هاتين الظاهرتين فى قياس تحمل الملوحة (El-Iklil وآخرون ٢٠٠).

قياسات الكلوروفيل

وجدت ارتباطات قوية بين محتوى النموات الخضرية للطماطم من الصوديوم وبين مختلف خصائص فلورة كلوروفيل a فى ظروف الشدِّ الملحى؛ بما يجعل قياسها تقديرًا مناسبًا لتحمل الملوحة (Zribi وآخرون ٢٠٠٩).

قياس التغير فى المحتوى البروتينى

دُرست التغيرات فى المحتوى البروتينى للأوراق فى سلالة الطماطم المتحملة للملوحة LA4133 (من الطماطم الكريزية) وصنف الطماطم الحساس للملوحة Walter (وهو: LA3465) — وذلك لدى تعريضهما لشدٍّ ملحى مقداره ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم — وأمكن التعرف على بروتينات حدثت فيها — نتيجة للمعاملة — تغيرات كمية، وبروتينات أخرى حدثت فيها تغيرات نوعية؛ الأمر الذى يُفيد كثيرًا فى تقييم وانتخاب التراكيب الوراثية المتحملة للملوحة فى برامج التربية (Nveawiah-Yoho وآخرون ٢٠١٣).

التباينات الوراثية فى تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدٍّ الملوحة

تتوفر صفة تحمل الملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى فى عدد من أصناف الطماطم المنزرعة بالإضافة إلى بعض السلالات البرية من كل من الأنواع: *S. peruvianum*، و *S. habrochaites*، و*S. pennellii*، و *S. galapagense*، و *S. pimpinellfolium* (عن Foolad ٢٠٠٤، و de la Pena & Hughes ٢٠٠٧).

الصنف إدكاوى وأصناف وسلالات الطماطم الأخرى

قام Taha (١٩٧١) بمقارنة عدد من أصناف الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل الملوحة، ووجد أنه يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كما يلى:

١- أصناف حساسة.. ومن أمثلتها الصنفان أيس Ace، وبيرل هاربر Pearl Harbor.

٢- أصناف متوسطة التحمل للملوحة.. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Pritchard.

٣- أصناف تتحمل الملوحة.. ومن أمثلتها الصنف الكريزى الثمار جريب Grape.

وقارن Hassan & Desouki (١٩٨٢) ٢٢ صنفًا وسلالة من الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم، ووجدا أنها — جميعًا — كانت حساسة، وكان الصنف إدكاوى أقلها حساسية. وقد تأكدت — بعد ذلك — المقاومة النسبية لهذا الصنف من دراسات Mahmoud وآخرين (١٩٨٦)، و Hashim

وآخرين (١٩٨٨). فمع زيادة تركيز الملوحة أظهر الصنف إدكاوى أقل قدر من الانخفاض فى كل من الوزن الجاف، والمحصول الكلى، وعدد العناقيد الزهرية المنتجة بالنبات، وكان هو أكثر الأصناف تحملاً من بين ستة أصناف جرى تقييمها (Mahmoud وآخرون ١٩٨٦).

وفى دراسة أخرى أظهر الصنف VF145 قدرًا أكبر قليلاً من الحساسية للملوحة عن الصنف إدكاوى (١٩٩٢).

وقد تراكم الصوديوم والكلور فى أوراق صنف الطماطم المتحمل للملوحة إدكاوى بدرجة أكبر عما حدث فى أوراق الصنف أيس الأقل تحملاً، بينما حدث العكس فى السيقان. كذلك كان الضغط الأسموزى للعصير الخلوى أعلى فى أوراق إدكاوى عما كان عليه الحال فى أيس. هذا.. ولم يتأثر عدد الثمار/نبات فى الصنف إدكاوى إلاّ قليلاً بشدٍّ ملحى مقداره ١٠٠ مللى مول، كما كان النقص فى محصوله — بفعل الملوحة عند ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم – أقل مما حدث فى أيس (Sarg وآخرون ١٩٩٣).

كما وُجد أن لنباتات صنف الطماطم إدكاوى قدرة أعلى للاحتفاظ بالبوتاسيوم فى ظروف الملوحة المعتدلة عن قدرة نباتات الصنف أيس الحساس للملوحة، وهى صفة قد تُسهم فى خاصية تحمل إدكاوى للملوحة (Taleisnik & Grunberg ١٩٩٤).

ومن بين ٢٠ صنفًا وسلالة من الطماطم اختبرت لتحمل الملوحة (حتى ١٢ مللى سيمنز/سم) كانت الأصناف: Marglobe، وP23، وPusa Ruby هى الأكثر تحملاً (Jaiswal & Singh ١٩٨٩).

وأمكن تمييز صنفين من الطماطم متحملين للملوحة — هما: Chwerotonglo، و Nyanyandogo — وذلك من بين ٢٢ سلالة محلية كينية و ٩ أصناف تجارية قيمت لهذا الغرض (Agong وآخرون ١٩٩٧).

وأظهر صنفا الطماطم Siozawa، وGambaru Ne-3 مستوى عالٍ من القدرة على تحمل الملوحة فى مزرعة مائية تراوحت فيها درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى بين ١,٤، و ٣٧ ديسى سيمنز/م (Agong وآخرون ٢٠٠٣).

ويُعد صنف الطماطم دانيلا Daniela متحمل – نسبيًا – للملوحة، وقد وجد أن نموه لا يتأثر فى مستوى ملوحة قدره ٨٠ مللى مول كلوريد صوديوم، وأُرجع ذلك إلى زيادة نسبة جذوره إلى نمواته الخضرية، وكذلك إلى قدرته على الحد من زيادة تركيز الصوديوم فى نمواته الخضرية (An وآخرون ٢٠٠٥).

وأظهرت أربعة أصناف من الطماطم الشيرى (طراز cerasiforme) قدره أكبر على تحمل الملوحة (معبَّرًا عنها بأعلى تركيز من الملوحة يمكنها أن تتحملها دون أن يحدث لها انخفاض فى المحصول، وبمقدار النقص فى المحصول مقابل كل زيادة مقدراها وحدة EC واحدة) عن ١٢ صنفًا من الطماطم من ذوى الثمار العادية (Caro وآخرون ١٩٩١).

ولقد قام Saeed (٢٠٠٧) باختبار ٧٢ صنفًا وسلالة محلية (باكستانية) ومحسنة (مستوردة) لتحمل كلوريد الصوديوم (١٠ ديسى سيمنز/م)، واستخدمت عدة قياسات فى التقييم كان أفضلها النمو الجذرى المطلق والنمو الجذرى النسبى فى ظروف الملوحة العالية، حيث تميزت كلتا الصفتين بكفاءة توريث عالية، وتوصل من هذا التقييم إلى توفر صفة تحمل الملوحة فى ستة تراكيب وراثية، هى: LA2661، و CLN2498A، و CLN1621L، وBL1176، و6233، و17870. وإلى جانب صفة النمو الجذرى، فقد تميزت تلك التراكيب الوراثية بالقدرة على تحمل الملوحة فى مرحلة نمو البادرة، وانخفاض محتواها من الصوديوم، مع ارتفاع محتواها من البوتاسيوم وارتفاع نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فيها.

سلالات مختلف الأنواع البرية، مقارنة بأصناف سلالات الطماطم

تتوفر صفة القدرة على تحمل الملوحة العالية فى عدد من سلالات بعض الأنواع البرية ويعد النوع *S. galapagense* – الذى ينمو بريًا فى جزر جالاباجوس – أكثر أنواع الجنس *Solanum* تحملاً للملوحة. ومن بين سلالات هذا النوع كانت السلالة LA1401 أكثرها تحملاً، وهى سلالة جمع C. M. Rick بذورها الأصلية من نباتات كانت نامية على صخور على مسافة ٥ أمتار، وبارتفاع مترين من خط المد بالساحل الشمالى الغربى لجزر جالاباجوس.

كانت هذه النباتات معرضة لتركيزات عالية جدًا من الملح، بسبب الرذاذ المتواصل الذى يصل إليها من مياه المحيط؛ كما وجد ناميًا بجانبها عدد من النباتات المحبة للملوحة halophytes. وباختبار هذه السلالة فى محلول مغذ لماء البحر.. استمرت النباتات فى النمو، مع زيادة تركيز نسبة ماء البحر فى المحلول المغذى، إلى أن وصلت إلى ١٠٠٪، بينما لم يمكن لنباتات الطماطم البقاء عندما وصل تركيز ماء البحر فى المحلول المغذى إلى ٥٠٪. وقد حدث نقص فى معدل نمو كل من الطماطم والسلالة البرية تحت ظروف الملوحة؛ مما يعنى أن أيًا منهما لم يكن مستفيدًا من — أو بحاجة إلى — التركيزات المرتفعة من الصوديوم (Rush & Epstein ١٩٧٦).

هذا.. إلا أن دراسات أخرى نشرت بعد ذلك أكدت حساسية هذه السلالة — LA1401 من *S. galapagense* — للملوحة العالية. فأوضح Hassan & Desouki (١٩٨٢) أن هذه السلالة كانت الأكثر حساسية للملوحة من بين ٢٢ صنفًا وسلالة قاما باختبارها. كما وجد Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) أنها كانت أكثر حساسية من الصنفين أيس، وإدكاوى.

وفى دراسة أخرى.. وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهريًا — عن الأنواع *S. galapagense*، و *S. peruvianum*، و *S. pennellii* — فى تحمل الملوحة فى مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللى مول من ملحى كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم؛ بنسبة مولارية قدرها ١:١. ومع زيادة الأملاح تدريجيًا من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ٥: ١ فى مزرعة رملية.. لم يختلف النقص النسبى فى المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة LA1401 من *S. galapagense*. وقد أدى ذلك إلى أن يقترح الباحثون أن الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة ربما يكون مختلفًا فى التركيزات المتوسطة من الملوحة عما يكون عليه الحال فى التركيزات العالية. ولكن الصورة قد تتضح — بشكل أفضل — بإعادة الإشارة إلى ما وجده Hassan & Desouki (١٩٨٢)، والذى أكده Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) من أن هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى اختبرت معها.

وعمومًا.. فإنه يبدو – كما ذكر Phills وآخرون (١٩٧٩) – أن هذا النوع *S. galapagense* ليس مقاومًا بذاته، ولكنه يعطى عند تلقيحه مع الطماطم تراكيب وراثية تتحمل الملوحة بشكل جيد. وكان ذلك الاستنتاج قريبًا مما توصل إليه Sacher وآخرون (١٩٨٢) بشأن تحمل النوع *S. pennellii* للملوحة؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى القدرة على تحمل الملوحة فى سلالات الجيل التاسع للتلقيح: (New Yorker × *S. pennellii*) × New Yorker تأتى من الأبوين – المزروع والبرى – وتتفاعل معًا بطريقة إضافية.

وقد ذُكر أن النوع *S. peruvianum* أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الطماطم، وكان ذلك فى صورة اختلافات جوهرية بين النوعين فى عديد من الصفات والخصائص الفسيولوجية التى تؤثر فى استجابة النباتات للتركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم؛ مثل: معدل النتح، وكثافة الثغور ومدى اتساعها، ومستوى حامض الأبسيسك (Phills وآخرون ١٩٧٩).

كذلك أظهرت دراسة أجراها Dehan & Tal (١٩٧٨) على الطماطم والنوع *S. pennellii* أن النموات القمية والجذرية لم تتأثر – جوهريًا – بمعاملات ملوحة بلغت ٢٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم. وقد حدث فى النوع البرى تراكم لأيونى الكلورين والصوديوم، ونقص لأيون البوتاسيوم مع زيادة الملوحة، مقارنة بالطماطم.

وقد أُجرى اختبار لتحمل الملوحة (١٥ مللى سيمنز/سم) على ١٠٦ من الأصناف والسلالات من ستة أنواع من جنس الطماطم، ووُجدت القدرة على التحمل فى السلالات: LA1310 من الطماطم الكريزية (طراز cerasifarme)،و LA1579، و PI365967 من *S. pimpinellifolium* (Hassan ١٩٨٩).

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من *S. pimpinellifolium*، و ٨ سلالات من *S. peruvianum*، ووجدوا – من بينها – ٤ سلالات من النوع الأول تميزت بقدرتها على تحمل الملوحة؛ وهى PIM-85، و PIM-847، و PIM-1135، و PIM-2350.

وفى اختبار شمل ١٠٦ أصناف وسلالات من سبعة أنواع من الجنس *Solanum* .. وجد Hassan وآخرون (١٩٨٩) صفة تحمل الملوحة فى سلالة من الطماطم الكريزية (طراز cerasiforme)، والسلالتين LA1579، و P.I.365967 من *S. pimpinellifolium*، كما كانت السلالات العشر التالية متحملة نسبيًّا:

S. pimpinellifolium P.I. 309907, P.I. 365959, P.I. 375937, P.I. 379023, P.I. 379025, and P.I. 390716.

S. habrochaites P.I. 365907 and P.I. 365934.

S. peruvianim P.I. 306811.

S. chmielewskiae P.I. 379030.

كما اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سلالة واحدة من كل من النوعين *S. peruvianum*، و *S. pennellii* وثلاث سلالات من الطماطم الكريزية (طراز cerasiforme)، ووجدوا أن السلالة CER 2022 من النوع الأخير كانت أقواها نموًّا وأكثرها قدرة على البقاء، وأقلها تضررًا من الملوحة.

وقيم Bolarin وآخرون (١٩٩١) ٢١ سلالة تنتمى إلى أربعة أنواع برية من الجنس *Solanum*، وكانت أكثر السلالات تحملاً للملوحة فى هذه الدراسة هى السلالة PE-2 من *S. pimpinellifolium*، وتلتها السلالات PE-45 (*S. pennellii*)، و PE-43 (*S. habrochaites*)، و PE-16 (*S. peruvianum*).

ووُجد لدى اختبار الصنف إدكاوى والسلالة LA1138 من *S. galapagense* فى ظروف الملوحة (١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) أن النوع البرى كان الأقل تأثرًا بالملوحة. وقد تحكم الصنف إدكاوى فى انتقال الملح، بينما لم يحدث ذلك فى نباتات النوع البرى (Sarrobert وآخرون ١٩٩٠).

وأُجرى تقييم لتحمل الملوحة شمل السلالة PE52 من *S. peruvianum*، وأصناف الطماطم: إدكاوى، و Volgogradskil، Pera، والصنفين PE64، و Mex12 من

الطماطم الكريزية (طراز cerasiforme)، وتتضمن خمسة تركيزات من الملوحة وخمس مراحل للتقييم. كانت جميع التراكيب الوراثية أكثر حساسية للملوحة فى مرحلة البادرة. وفى المستويات المتوسطة — وليست العالية — من الملوحة تأقلمت النباتات على الشدّ الملحى مع الوقت. وتباينت التراكيب الوراثية فى استجابتها للملوحة حسب مرحلة النمو؛ فمثلاً.. أظهر الصنف إدكاوى تحملاً جيدًا فى مرحلة البادرة، لكن فُقدت تلك القدرة فى طور الإزهار؛ بما يعنى أهمية إجراء التقييم لتحمل الملوحة فى طور النبات البالغ (Cruz & Cuartero ١٩٩٠).

وفى دراسة أخرى توفرت صفة تحمل الملوحة فى سلالات من *S. pennellii*، و *S. peruvianum* بمستويات أعلى مما توفرت به فى كل من *S. galapagense* وفى ٥٩ صنفًا وسلالة من الطماطم أُخضعت للتقييم لتحمل الملوحة، وذلك عند مستويات EC مقدارها ٥، و ١٠ ديسى سيمنز/م، لكن أظهرت جميع السلالات المختبرة نقصًا فى كل من المادة الجافة الكلية النسبية والمحصول الكلى النسبى (كنسبة بين القيم المقيسة فى النباتات المعاملة بالملوحة والقيم المقيسة فى نباتات الكنترول من نفس التركيب الوراثى) عند مستوى EC قدره ١٥ ديسى سيمنز/م. وفى تهجينات بين كل من النوعين: *S. pennellii*، و *S. peruvianum* والطماطم كانت نباتات الجيل الأول الأكثر تحملاً (Saranga وآخرون ١٩٩١).

وتحملت أربع سلالات من *S. pimpinellifolium* وسلالتان من *S. galapagense* المعاملة بتركيز ١٧١,١ مللى مول كلوريد صوديوم، ووصل تحمل النوع الثانى لتركيز ٣٢٥,١ مللى مول من الملح (Asins وآخرون ١٩٩٣ أ). هذا.. ولم يمكن التوصل إلى ارتباط عالٍ بين القدرة على تحمل الملوحة وأى من ١١ صفة كمية مورفولوجية تمت دراستها (Asins وآخرون ١٩٩٣ب).

ولقد وجدت تباينات وراثية بين عدد من سلالات *S. pimpinellifolium* قُيمت لتحمل الملوحة، وكانت تلك التباينات فى صفة تحمل الملوحة وراثية وذات درجة توريث منخفضة إلى متوسطة. كما لم يمكن التوصل إلى أى ارتباط بين الصفات الفسيولوجية التى دُرست وبين صفات المحصول ومكوناته؛ مما يدل على أن القدرة على

البقاء والقدرة على إنتاج محصول فى ظروف الشدِّ الملحى مجموعتان مستقلتان من الصفات فى *S. pimpinellifolium*. ومن بين المجموعة الكبيرة من السلالات التى قُيمت فى هذه الدراسة أمكن التوصل إلى خمس سلالات كانت أكثر قدرة على البقاء فى ظروف الملوحة (كأن تميزت — مثلاً — بارتفاع الوزن الجاف لنمواتها الخضرية وارتفاع نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فيها فى ظروف الملوحة)، وسبع سلالات ذات صفات محصولية عالية (أى صفات مكونات المحصول مثل عدد الثمار/نبات)، وسلالتين جمعتا بين صفات القدرة العالية على البقاء مع الصفات المحصولية الجيدة فى ظروف الشدِّ الملحى (Rao وآخرون ٢٠١٣).

أُجرى تقييم لصنفين من الطماطم وسلالات عدد من الأنواع البرية فى ظروف شدِّ الملوحة (ملوحة تعادل ٤٠٪ من ملوحة ماء البحر)، والظروف المناسبة (ملوحة تعادل ٢٪ من ملوحة ماء البحر)؛ حيث قُدِّر النمو المطلق فى ظروف الملوحة والنمو النسبى (نسبة النمو فى ظروف الملوحة إلى النمو فى الظروف المناسبة). وبالنسبة للنمو المطلق كان صنفا الطماطم منى ميكر، وإدكاوى الأفضل، وكذلك كان *S. pimpinellifolium*، وتلاهم *S. pennellii*، و *S. galapagense*، وكان أقلهم تحملاً *S. peruvianum*. أما النمو النسبى فكان أفضل نمو فى *S. pimpinellifolium*، والأقل فى *S. peruvianum* (كان الأشد حساسية للملوحة)، بينما كان *S. galapagense* أكثر تحملاً — قليلاً — عن *S. peruvianum* (Cuartero وآخرون ١٩٩٢).

ويمكن القول أن صفة تحمل الملوحة تتوفر فى سلالات من الأنواع البرية التالية:

S. cheesmaniae *S. peruvianum* *S. pimpinellifolium*

S. pennellii *S. chmielewskii* *S. habrochaites*

وراثة تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

الوراثة الكلاسيكية

أجمعت الدراسات القليلة — التى أجريت على وراثة القدرة على تحمل الملوحة خلال مراحل النمو الخضرى فى الطماطم — على أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات

ذات تأثير مضيف، ومع ذلك.. فقد أمكن الانتخاب لتلك الصفة فى الأجيال الانعزالية عندما استخدمت السلالة LA 1401 من *S. galapagense* كمصدر لها (Rush & Epstein ١٩٨١)، ولكن تطلب الأمر الانتخاب للصفة حتى الجيل الثالث قبل كل تلقيح رجعى (Hassan & Desouki ١٩٨٦). وكما سبق بيانه.. فقد أوضحت دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٢) على سلالات الجيل التاسع للتلقيح: (New Yorker × *S. pennellii*) × New Yorker أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تأتى من الأبوين (المزروع والبرى)، وتتفاعل معًا بطريقة إضافية.

ولقد وجد أن صفة تحمل الملوحة فى صنف الطماطم إدكاوى يتحكم فيها عدد محدود من الجينات ذات تأثير مضيف بصورة أساسية، وذلك إذا ما اتُخِذَ تراكم المادة الجافة أو المساحة الورقية تحت ظروف الملوحة كدليل على التحمل. كما وجد أن فعل سيادة جينى من إدكاوى يتحكم فى تراكم الصوديوم فى الأوراق الصغيرة النامية (Jones & Hashim ١٩٩١).

ودُرست صفة تحمل الملوحة فى تلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة M82 والسلالة البرية المتحملة للملوحة LA716 من *S. pennellii*، وذلك فى نباتات التلقيح الذاتى للتلقيح الرجعى الأول للطماطم، وقدرت كفاءة توريث صفات محصول الثمار الكلى، والوزن الكلى المطلق للمادة الجافة، والوزن الكلى النسبى للمادة الجافة نسبة إلى الكنترول بنحو ٠,٣ — ٠,٤٥ هذا.. بينما لم يكن لمحتوى الأوراق والسيقان من كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكلورين أهمية فى الانتخاب لصفة تحمل الملوحة، ويُستنتج من الدراسة إمكان الانتخاب لصفة تحمل الملوحة على أساس الوزن الجاف الكلى والمحصول فى ظروف الملوحة (Saranga وآخرون ١٩٩٢).

كما دُرِسَت وراثة تحمل النمو الخضرى للطماطم للملوحة (٢٠ ديسى سيمنز/م) فى تلقيح بين صنف الطماطم الحساس UCT5، والسلالة المتحملة P.I.174263. أدت معاملة الملوحة إلى خفض الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى بنسبة ٥٦,١٪ فى الصنف الحساس، و٣٢,٣٪ فى السلالة المتحملة، و٢٧,٤٪ فى نباتات الجيل الأول بينهما. وأوضحت الدراسة أن الجينات التى تتحكم فى قوة النمو الخضرى قد تختلف عن تلك

التى تتحكم فى تحمل الملوحة. ووُجد أن معظم التباين الوراثى كان مرده إلى تأثيرات جينية بسيطة (مضيفة وسائدة)، وأن التفاعلات غير الآليلية – على الرغم من جوهريتها – كانت أقل أهمية بكثير، وأن التأثيرات الجينية المضيفة – وحدها – تحكمت فى ما لا يقل عن ٨٨٪ من التباين الكلى. وقد قُدِّرت كفاءة التوريث فى المعنى الخاص بنحو ٠,٤٩ (Foolad ١٩٩٦).

وقد أجريت دراسة على عشائر الأبوين والجيل الأول والثانى والتلقيح الرجعى للتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة UCT5 والسلالة P.I.174263 المتحملة للملوحة، قُيم فيها نمو النباتات فى مزرعة مائية تحت ظروف التعرض للشد الملحى (٢٠ ديسى سيمنز/م) وعدم التعرض له (٠,٥ ديسى سيمنز/م). وأوضحت الدراسة أن التحمل المطلق للملوحة (النمو الخضرى المطلق فى ظروف الشدّ الملحى)، والتحمل النسبى (النمو الخضرى فى ظروف الشد الملحى نسبة إلى النمو فى ظروف عدم الشدّ) تحكم فيها نظام وراثى كان فيه للتأثيرات المضيفة وتأثيرات السيادة الإسهام الأكبر فى تفسير التباينات فى الصفة. وعلى الرغم من أن التفاعلات غير الآليلية كانت جوهرية فإنها كانت قليلة الأهمية. ويمكن اعتبار القدرة على النمو فى ظروف الشدّ الملحى مقارنة بالنمو فى الظروف العادية دليل ممتاز للانتخاب لتحمل الملوحة.

وقد تبين أنه فى ظروف الشدّ الملحى تراكم فى أوراق P.I.174263 تركيزات أقل جوهريًا من الصوديوم والكلورين، وأعلى جوهريًا من الكالسيوم عما حدث فى أوراق السلالة UCT5، وأن النمو فى ظروف الشدّ ارتبط جوهريًا مع محتوى الأوراق من الكالسيوم وسلبيًا مع محتواها من الصوديوم. كذلك تبين أن تراكم الصوديوم والكالسيوم بالأوراق تحت ظروف الشدّ الملحى تحكم فيه نظام وراثى كان فيه للتأثيرات المضيفة الإسهام الأكبر. وعمومًا فإن قدرة أوراق السلالة P.I.172463 على تراكم الكالسيوم واستبعاد الصوديوم تحت ظروف الشدّ الملحى لعبت الدور الأكبر فى تحمل السلالة للملوحة، وكانت درجة توريث تلك الصفات عالية؛ بما يعنى إمكان الاعتماد عليها فى الانتخاب لصفة تحمل الملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى (Foolad ١٩٩٧، و١٩٩٩).

وعندما أُجرى تلقيح بين السلالة المتحملة للملوحة LA1401 من *S. galapagense* وصنف الطماطم الحساس للملوحة Walter، ودرست الصفة تحت ظروف الصوبة حتى الجيل الثانى والتلقيح الرجعى الأول.. تبين أن صفة تحمل الملوحة تورث وتنقل إلى النسل.

وقد أجرى تلقيح آخر بين السلالة المتحملة للملوحة LA716 من *S. pennellii* وسلالة الطماطم الحساسة M82، ودرست الصفة تحت ظروف الحقل، ووجد أن صفات المادة الجافة الكلية، وكمية المحصول تحت ظروف الشدّ الملحى، وكمية المادة الجافة تحت ظروف الشدّ الملحى نسبة إلى كميتها تحت الظروف العادية كانت دلائل جيدة للانتخاب لتحمل الملوحة فى الطماطم، وتراوحت تقديرات كفاءة التوريث فى المعنى الخاص h^2 لتلك الصفات بين ٠,٣، و٠,٤٥.

وبتقييم نباتات الجيل الثانى لتهجين بين سلالة طماطم حساسة للملوحة وسلالة متحملة من *S. pimpinellifolium* تحت ظروف الشدّ الملحى تبين أن صفتى محصول الثمار وعدد الثمار الكلى كانتا دالتين مفيدتين للانتخاب لتحسين تحمل الملوحة فى الطماطم، وكانت تقديرات h^2 لهاتين الصنفين ٠,٥٣، و٠,٧٣ على التوالى (عن Foolad ٢٠٠٤).

وأوضحت دراسة وراثية تحكم جينات ذات تأثيرات مضيفة وغير مضيفة (تأثير سيادة) فى صفة تحمل الملوحة. كانت تلك التأثيرات جوهرية، وبدت وراثة تلك الصفة شديدة التعقيد. كذلك تبين وجود قوة هجين موجبة لصفات طول الجذر ومحتوى الأوراق من البوتاسيوم ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فيها فى كل من الظروف الطبيعية وظروف الملوحة (١٠ ديسى سيمنز/م). وكان مرد قوة الهجين لكل من السيادة والتفوق، بما يعنى إمكان التربية لإنتاج الهجن المتحملة (Saeed ٢٠٠٧).

وبدراسة التباين فى بعض الصفات الفسيولوجية وكفاءة توريثها فى ١٣٥ RILs من تلقيح بين *S. lycopersicum*، و *S. pimpinellifolium*، مع تسجيل القياسات على ٦ نباتات من كل تركيب وراثى نامية فى مزرعة مائية بعد ٥ أسابيع من معاملة الشدّ

الملحى (كانت النباتات بعد المعاملة بعمر ٩ أسابيع)، كانت كفاءة التوريث متوسطة أو منخفضة (جدول ٤-٢)؛ كما هو متوقع لصفات كمية شديدة التأثر بالعوامل البيئية (Cuartero وآخرون ٢٠٠٦).

جدول (٤-٢): كفاءة التوريث فى المعنى العام لتسع صفات ذات علاقة بتحمل الملوحة فى الطماطم مقدرة على ١٣٥ RILs من التلقيح *S. lycopersicum* × *S. pimpinellifolium* عند نموها فى شدٍّ ملحى قدره صفر، و١٠٠، و٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم.

الصفة	الشدّ الملحى (مللى مول كلوريد صوديوم)		
	صفر	١٠٠	٢٠٠
الوزن الجاف للنموات الخضرية	٠,١١	٠,١٥	٠,٢١
المساحة الورقية الكلية	٠,٧٢	٠,٧١	٠,٧٨
ماء النتح	٠,٦١	٠,٣٣	٠,٢٩
كفاءة استخدام المياه	٠,٥٣	٠,٤٨	٠,٥٩
تركيز الصوديوم [Na^+] بالأوراق	٠,٣٣	٠,٢٢	٠,٢٦
تركيز البوتاسيوم [K^+] بالأوراق	٠,٢٢	٠,٣٣	٠,٤٧
[Na^+]/[K^+] بالأوراق	٠,١٣	٠,٣٣	٠,٤٩
تركيز الصوديوم [Na^+] إلى الفقد فى المساحة الورقية	–	٠,٢٣	٠,٥٠
انتقال الصوديوم Na^+ للنموات الخضرية	–	٠,٤٠	٠,٢٦

كذلك أمكن التعرف على ثلاثة QTLs مسئولة عن تحمل الملوحة فى مرحلة النمو الخضرى على الكروموسومات أرقام ٣، و٥، و٩، وكانت مستمدة من السلالة LA7222 (عن Li وآخرين ٢٠١١).

ولقد أمكن التعرف على جينين متنحيين لتحمل الملوحة فى الطماطم، أُعطى أحدهما الرمز tss1 (من tomato salt-hypersensitive)، وهو ضرورى للتغذية بالبوتاسيوم ولتحمل كلوريد الصوديوم، وأُعطى الثانى الرمز tss2، وهو ربما يكون مُنَظِّمًا سلبيًا لحامض الأبسيسك، لأنه فائق الحساسية لتثبيط النمو الذى يُحدثه الحامض؛ بما يعنى أن حامض الأبسيسك مهم كذلك لكلٍ من شدِّ الملوحة والشد الأسموزى (Borsani وآخرون ٢٠٠١).

الوراثة الجزيئية

فى محاولة لربط جينات تحمل الملوحة بإنزيمات معينة ليسهل التعرف عليها باختبارات الفصل الكهربائى electrophpresis دونما حاجة إلى اختبارات التقييم فى وسط ملحى .. قام Zamir &Tal (١٩٨٧ بدراسة الآباء، والجيل الأول، والجيل الثانى لهجين نوعى بين الطماطم الحساسة للملوحة، والنوع البرى *S. pennellii* المتحمل لها؛ فوجدا — كما كان معروفًا من قبل — أن أيونى البوتاسيوم والصوديوم يتراكمان فى النوع الحساس بدرجة أكبر مما يحدث فى النوع البرى المقاوم. وبتحليل ١١٧ نباتًا من الجيل الثانى لخمسة عشر إنزيمًا (موزعة على تسعة من كروموسومات الطماطم الاثنى عشر) بطريق الفصل الكهربائى .. أمكن التعرف على أربعة مواقع جينية ذات تأثير كمى على امتصاص أيونى الصوديوم والكلورين، وموقعين آخرين مؤثرين فى امتصاص أيون البوتاسيوم.

وأمكن فى دراسة استخدمت فيها سلالة متحملة للملوحة من *S. pimpinellifolium* التعرف على ست QTLs — تتحكم فى تحمل ملوحة مقدارها ١٥ ديسى سيمنز/م — وتؤثر فى كل من محصول الثمار، وعدد الثمار/نبات، ومتوسط وزن الثمرة فى ظروف الملوحة (Bretó وآخرون ١٩٩٤).

وفى دراسة أُجريت على عشيرة BC_1S_1 لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة NC84173 (والتى استخدمت كذلك كأب رجعى) والسلالة المتحملة للملوحة LA7222 من *S. pimpinellifolium* للتعرف على مدى تحمل النمو الخضرى للشدّ الملحى اعتمادًا على خاصية القدرة على البقاء فى ظروف تركيزات عالية من الأملاح (٧٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم + ٧٠ مللى مول كلوريد كالسيوم، بما يعادل ٦٤ ديسى سيمنز/م).. تبين أن الصفة كمية، وأمكن التعرف على خمس QTLs تتوزع على أربع كروموسومات (اثنتان على كروموسوم ١، وواحدة على كل من الكروموسومات ٣، و٥، و٩، وأسهمت كل منها ما بين ٥,٧٪، و١٧,٧٪، وبإسهام جامع قدره ٤٦٪ من التباين الكلى للشكل المظهرى. وقد كانت جميع الآليلات الموجبة لصفة التحمل من الأب المتحمل، وكانت تأثيرات جميع الـ QTLs مضيفة (Foolad ١٩٩٩، وFoolad & Cheng ١٩٩٩، وFoolad وآخرون ٢٠٠١).

ومن بين الخمسة QTLs التى تم التعرف عليها، كانت ثلاثة (تلك التى تقع على الكروموسومات أرقام ١، ٣، ٥) قد سبق تحديدها لصفة تحمل الملوحة فى مرحلة إنبات البذور فى دراسة أخرى، وأعيد تأكيدها فى هذه الدراسة. هذا.. بينما لم يمكن التعرف فى هذه الدراسة إلاّ على واحدة — فقط — من المواقع التى أمكن التعرف عليها فى الدراسة السابقة. ولقد حُصِل على عائلات BC_1S_1 كانت تحتوى على معظم الـ QTLs لتحمل الملوحة — أو كلها — وكان مستوى تحملها للملوحة مماثلاً لمستوى تحمل السلالة LA722 (Foolad وآخرون ٢٠٠١).

طبيعة تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدّ الملوحة

التغيرات فى محتوى النباتات من العناصر والمادة الجافة والبروتين الكلى والكلوروفيل

وجد لدى مقارنة مجموعة من الأصناف التى تباينت فى تحملها للملوحة، ما يلى:

١- كان الصنف المتحمل للملوحة أكثر قدرة على الإنبات تحت ظروف الملوحة.

٢- أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجيًّا (من صفر إلى ١٢٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم) إلى حدوث نقص متزايد فى الوزن الطازج والجاف للنباتات، بينما ازدادت نسبة المادة الجافة بها. وكانت هذه التأثيرات فى الصنف الكريزى جريب المتحمل للملوحة أقل وضوحًا مما فى بقية الأصناف.

٣- أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وكان هذا التأثير أقل وضوحًا فى الصنف المتحمل.

٤- احتوت الجذور والنموات الهوائية بالصنف الحساس أيس على أعلى نسبة من الصوديوم والكلور، وأقل نسبة من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، مقارنة بالصنف المتحمل جريب، الذى احتوت أنسجته على أقل نسبة من الصوديوم والكلور، وأعلى نسبة من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، بينما كان الصنف برتشارد المتوسط التحمل وسطًا بينهما.

٥–مع زيادة الملوحة.. نقص وزن الثمرة وحجمها، بينما ازداد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات الذائبة والمختزلة، وفيتامين ج.

٦–بمقارنة تأثير الأنواع المختلفة من الأملاح.. وجد أن كلوريد الصوديوم كان معوقًا للنمو الخضرى بدرجة كبيرة، بعكس كبريتات الصوديوم التى كانت شديدة الضرر على الأعضاء الزهرية والثمرية. وكان الضرر أكثر فى الصنف أيس الحساس مقارنة بالصنف جريب المتحمل (Taha ١٩٧١).

وتبين — لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة فى كل من الطماطم والنوع البرى *S. galapagense* المقاوم للملوحة — ما يلى:

١–حدثت فى كليهما زيادة فى محتوى النباتات من النيتروجين الأمينى والحموضة الحرة؛ وكانت الزيادة فى الطماطم أكبر مما فى النوع البرى.

٢–كان الحامض الأمينى برولين Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثرًا بزيادة الملوحة.

٣–حدثت كذلك زيادة واضحة جدًّا فى تركيز الحامض الأمينى أسبارتك aspartic مع زيادة الملوحة، إلا أنه لم تظهر اختلافات بين الطماطم والنوع البرى فى هذا الشأن.

٤–صاحبت زيادة الملوحة زيادة كبيرة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار.

٥–تراكمت بأوراق النوع البرى كميات كبيرة من الصوديوم دون أن يتأثر بشدة، أو تبدو عليه علامات التسمم من الصوديوم، بينما لم يحدث ذلك التراكم فى أنسجة أوراق الصنف الحساس VF36 (Rush & Epstein ١٩٧٦).

وبينما لم تتحمل نباتات الطماطم من صنف Walter النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على ٢٠٠ مللى مول من الصوديوم Na^+، فإنها نمت وتحملت نفس التركيز من البوتاسيوم K^+، وحدث العكس تمامًا مع نباتات السلالة LA1401 من *S. galapagense*، حيث لم تتحمل تركيز ٢٠٠ مللى مول من البوتاسيوم، ولكنها نمت وتحملت نفس التركيز من

الصوديوم وبينهما تراكم الصوديوم – بحرية – فى النموات الخضرية للسلالة البرية فى تركيزات ٥–١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم، فإن نباتات الصنف Walter استبعدت الصوديوم من الأوراق وكان العنصر سامًا لها. كذلك كان الصوديوم محفزًا لنمو نباتات النوع البرى، وأمكنها الاعتماد عليه – كبديل للبوتاسيوم – عندما لم يتوفر الأخير بالقدر الكافى للنمو الطبيعى، لكن ذلك الأمر لم يحدث مع نباتات الصنف Walter. وتبين – كذلك – أن نباتات النوع البرى كانت أكثر كفاءة فى امتصاصها للبوتاسيوم – عندما كان تركيزه منخفضًا أو معتدلاً (من ٠,٠١ إلى ٠,١ مللى مول كلوريد صوديوم) – عن نباتات الصنف Walter. هذا ولم تظهر اختلافات يعتد بها بين الطماطم والنوع البرى فيما يتعلق بالكلورين (Rush & Epstein ١٩٨١ أ).

وقد قارن Rush (١٩٨٦) هذه السلالة من *S. galapagense* ببعض أصناف الطماطم، ووجد أن النوع البرى كان هو الأكثر قدرة على تحمل الملوحة؛ وكان مردّ ذلك إلى قدرته على تحمل تراكم الصوديوم فى أوراقه، وهو العنصر الذى امتصه النوع البرى ونقله إلى الأوراق بمعدلات أكبر من الطماطم؛ حيث تركز فى أماكن معينة منها.. وهو ما يعرف باسم Compartmentation.

كانت الدراسات السابقة ترتكز على كون السلالة LA1401 أكثر تحملاً للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها، ولكن دراسات أخرى – سبقت الإشارة إليها (Hassan & Desouki ١٩٨٢، و Mahmoud وآخرون ١٩٨٦) – أوضحت خلاف ذلك؛ حيث كانت هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها، وبالرغم من ذلك.. فلم يتغير نمط تراكم الأملاح بها.. فعندما قارن Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) هذه السلالة (التى كانت أكثر حساسية للملوحة فى اختبارهم) بالصنفين: أيس (المعروف بحساسيته للملوحة) وإدكاوى (الذى كان أكثر تحملاً للملوحة).. وجدوا أن أوراق السلالة البرية والصنف إدكاوى احتوت على تركيزات أعلى من أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور، وتركيزات من أيون البوتاسيوم أقل من أوراق

الصنف أيس. الذى كان — كذلك — أقل عصيرية Succulence من أى منهما تحت ظروف الملوحة.

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين *S. peruvianum*، و *S. pennellii*، أقل حساسية للملوحة من الطماطم؛ حيث نقص وزنهما الجاف ومحتواهما النسبى من الرطوبة — بدرجة أقل — عند تعرضهما للملوحة العالية، وظلا أكثر غضاضة، وتراكم بهما كميات أكبر من الصوديوم والكلورين، وكميات أقل من البوتاسيوم. وقد وجد الباحثان أن هذين النوعين والنوع *S. galapagense* تنمو بدرجة أسرع من الطماطم فى البيئة الملحية، برغم أن معدلات نموها تكون أقل من الطماطم فى الظروف الطبيعية. وقد أظهر النوع *S. pennellii* — فى هذه الدراسة — أكبر درجة من الغضاضة، واحتوى على تركيز أعلى من الصوديوم والكلورين بالأوراق تحت الظروف الملحية.

ويستدل من الدراسات التى أجريت على النوع البرى *S. pennellii* على أن الصوديوم يتراكم فى نباتاته تحت ظروف الملوحة، بينما يقل تركيز البوتاسيوم فيها، مقارنة بما يحدث فى ظروف غياب الملوحة، وربما يرجع ذلك إلى ضعف كفاءة النباتات فى استبعاد أيون الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم فى ظروف الملوحة العالية (عن Tal ١٩٨٤).

ويبدو أن التركيز المطلق للأيونات المختلفة فى الأنسجة النباتية — تحت ظروف الملوحة العالية — لا يرتبط بمقاومة النباتات للملوحة، كما تدل على ذلك دراسات Sacher & Staples (١٩٨٣). وقد قارن الباحثان صنف الطماطم New Yorler بالسلالة P.I.246502 من النوع البرى *S. pennellii*، و١٦ سلالة تربية ناتجة من التهجين بينهما تحت ظروف الملوحة (٠,١ مول كلوريد صوديوم)، وفى الظروف العادية. وقد أظهرت هذه الدراسة وجود مجال واسع من القدرة على تحمل الملوحة فى

سلالات التربية التى كانت أكثر تحملاً من الصنف التجارى. وكان النمو تحت ظروف الملوحة مرتبطًا – بشكل جوهرى – بالقدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأوراق النباتات، بينما لم يوجد أى ارتباط بين القدرة على النمو تحت الظروف الملحية وبين التركيز المطلق لأى من الصوديوم أو الكلورين بأوراق النباتات فى هذه الظروف. وتُحَدَّد القدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأنها نسبة الأيون بأوراق النباتات النامية تحت الظروف الملحية إلى نسبته بأوراق نفس التركيب الوراثى عند نموه فى الظروف العادية. وتدل النسبة المنخفضة على زيادة قدرة النبات التنظيمية للأيون.

وقد بينت دراسة أخرى لـ Sacher (١٩٨٢) أن القدرة على تحمل الملوحة فى هذه السلالات كان مردها إلى القدرة على تنظيم استبعاد أيون الصوديوم، مع زيادة فى قدرة الأنسجة على تحمل الزيادة المتوسطة فى تركيز الملح.

كما أوضحت دراسات Saranga وآخرين (١٩٨٧) أن أنسجة النوع *S. pennellii* يتراكم فيها الصوديوم دون أن يكون لذلك تأثير كبير فى النمو النباتى؛ الأمر الذى يدل على تحمل أنسجته للمحتوى المرتفع من هذا الأيون.

كذلك تبين لدى مقارنة صنف الطماطم الحساس للملوحة E6203 بالصنف المقاوم Edkawy (Hashim وآخرون ١٩٨٨) فى مستويات مختلفة من الملوحة أنه – مع زيادة الملوحة – حل الصوديوم محل البوتاسيوم بدرجة واحدة فى جذور الصنفين. لكن هذا الإحلال للبوتاسيوم اختلف بين الصنفين فى الأنسجة الأخرى التى دُرست؛ حيث أبقى الصنف المقاوم على تركيزات أعلى من البوتاسيوم فى السيقان والأوراق فى مختلف مستويات الملوحة. ومع زيادة الملوحة.. حافظ الصنف Edkawy على نسبة أفضل بين أيونى البوتاسيوم والصوديوم فى كل الأنسجة، وبين أيونى الكالسيوم والصوديوم فى الجذور عن الصنف الحساس E6203. أما أيون الكلورين.. فقد كان الأنيون الرئيسى المؤثر فى حالة التوازن فى النبات؛ فقد تراكم – بدرجة أكبر– فى الجذور، وبدرجة أقل فى السيقان والأوراق فى الصنف الحساس مما فى الصنف المقاوم – خاصة فى

المستويات العالية من الملوحة (حتى ٢٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) — بينما كانت مستويات الصوديوم أقل فى الجذور وأعلى فى الأوراق فى الصنف المقاوم (Hashim وآخرون ١٩٨٨ أ).

وقد أدت معاملة نباتات الطماطم بالملوحة إلى تثبيط النمو وخفض محصول الثمار، وإلى زيادة تركيز أيونا الصوديوم والكلورين فى الأوراق، وكان تراكمهما بدرجة أكبر فى الأوراق البالغة عما فى الأوراق الحديثة، بينما كان تراكم البرولين فى الأوراق الصغيرة النامية بدرجة أكبر كثيرًا عما فى الأوراق البالغة، وكان الصنف VF145 أكثر حساسية قليلاً للملوحة عن الصنف إدكاوى (Soliman & Doss ١٩٩٢).

وبينما أدت زيادة الملوحة إلى خفض الجهد المائى لأوراق الطماطم، فإن هذا الانخفاض كان أكثر وضوحًا فى النباتات الصغيرة للصنف رتجرز والطفرة rin عما فى الصنف إدكاوى الذى أظهر نموًا طبيعيًا وانخفاضًا بسيطًا فى الجهد المائى للأوراق خلال الأيام التسعة الأولى من المعاملة بالملوحة. وقد بدا أن الجهد المائى للأوراق كان أكثر ارتباطًا بمحتوى الأوراق من الكلورين عن ارتباطه بمحتواها من الصوديوم. وكانت أوراق الصنف إدكاوى الأعلى فى محتوى الكالسيوم ونسبة المادة الجافة فى الأوراق (-Atta Aly وآخرون ١٩٩٣).

وعندما رويت سلالات من ٤ أنواع من الجنس *Solanum*، هى *S. lycopersicum*، و *S. pennellii*، و *S. galapagense*، و *S. peruvianum*، وعشائر من التهجينات بينها بماء ملحى تحت ظروف الحقل، ثم قُدر تركيز عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم فى كل من الأوراق والسيقان، كانت النتائج كما يلى:

١-كانت نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى أوراق وسيقان التراكيب الوراثية المتحملة للملوحة أعلى تحت ظروف الملوحة، وكان تأثرها بالملوحة معتدلاً مقارنة بالتراكيب الوراثية الحساسة.

٢-كان تركيز الكلورين فى الأوراق ونسبة الكلورين فى الأوراق إلى نسبته فى السيقان أقل فى السلالات البرية المتحملة للملوحة وفى الجيل الأول *S. lycopersicum* × *S. pennellii* عما فى صنف حساس من *S. lycopersicum*.

٣-حدث تنظيم لنسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم — فقط — فى سلالات الطماطم والسلالات البرية المتحملة للملوحة، بينما حدث تنظيم للكلورين فى الأوراق — فقط — فى السلالات البرية.

٤-ارتبطت كمية المادة الجافة بالنبات إيجابيًّا مع كل من نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى السيقان، وسلبيًّا مع تركيز الكلورين فى الأوراق والسيقان (Saranga وآخرون ١٩٩٣).

وقد تباينت أصناف الطماطم المتحملة للملوحة — المختبرة — فى استجابتها لمعاملة الملوحة (حتى ١٤٠ مللى مول كلوريد صوديوم)؛ فأظهر الصنف المتحمل Pera تركيزات عالية من أيونى الصوديوم والكلور، وتركيز أقل من أيون البوتاسيوم فى نمواته الخضرية، بينما أظهر الصنف الأكثر تحملاً GC-72 قدرة على الاحتفاظ بأيونى الصوديوم والكلور فى الجذور، والحد من انتقالهما إلى النموات الخضرية، مع الإبقاء على اختيارية امتصاص البوتاسيوم فى ظروف الملوحة. أما الصنف الحساس للملوحة Volgogradskij فقد ازداد فيه كثيرًا تراكم أيونى الصودوم والكلور فى نمواته الخضرية (Perez Alfocea وآخرون ١٩٩٣).

وتبين أن نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم تزيد كثيرًا فى الصنف إدكاوى عما فى الصنف أيس؛ بما يعنى زيادة قدرة إدكاوى على تراكم البوتاسيوم فى أنسجته تحت ظروف الملوحة، وهى الصفة التى يمكن أن تُسهم فى خاصية تحمله للملوحة (Taleisnik & Grunberg ١٩٩٤).

ووجد أن السلالة PE-47 من *S. pennellii* أكثر تحملاً للملوحة — من واقع استجابات النمو — من كل من صنف الطماطم P-73، والهجين النوعى بينهما، وذلك

فى مستويين من الملوحة (٧٠، و١٤٠ مللى مولار)، وكان تراكم الصوديوم والكلورين فى نباتات النوع البرى أعلى فى مستويى الملوحة عما كان عليه الحال فى صنف الطماطم، بينما كان الهجين النوعى وسطًا بينهما فى هذا الشأن. وبينما لم يتأثر تركيز البوتاسيوم أو تأثر قليلاً فى الطماطم بزيادة تركيز الملوحة، فإنه انخفض فى نباتات النوع البرى ونباتات الهجين النوعى؛ مما أدى إلى زيادة نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم فى نباتات النوع البرى عما كان عليه الحال فى نباتات الطماطم، بينما كانت نباتات الهجين النوعى وسطًا بينهما (Perez-Alfocea وآخرون ١٩٩٤).

وتميز هجين الطماطم رادجا Radja بتحمله المستويات المتوسطة للملوحة من خلال آلية استبعاده لأيون الصوديوم. وقد أدى تعريضه لملوحة متوسطة (٧٠ مللى مول كلوريد صوديوم)، أو عالية (١٤٠ مللى مول) لمدة ١٣٠ يومًا إلى خفض محصول الثمار بنسبة ١٦٪، و٦٠٪، والكتلة الخضرية للنمو الخضرى بنسبة ٣٠٪، و > ٧٥٪، على التوالى. لم يحدث أى تراكم لأيون الصوديوم سوى فى الجذور عند التركيز العالى للملوحة وفى نهاية فترة المعاملة، كما لم يتراكم البرولين بالنباتات سوى فى التركيز العالى للملوحة. هذا.. بينما تراكم أيون الكلور طرديًا مع تركيز كلوريد الصوديوم المعامل به (Pérez-Alfocea وآخرون ١٩٩٦).

وكان الصنف إدكاوى أكثر تحملاً للتركيزات المتزايدة من كلوريد الصوديوم عن الصنف كاسل روك فى مراحل إنبات البذور، ونمو البادرات، والنمو النباتى بعد الشتل (Nassar وآخرون ١٩٩٩أ). وفى دراسة أخرى كان الصنف إدكاوى أعلى فى وزنه الجاف فى ظروف الملوحة العالية وأعلى محتوى من البوتاسيوم فى الأوراق والسيقان والجذور، مقارنة بما حدث فى كل من الصنف كاسل روك وثلاث سلالات من *S. pimpinellifolium*، كما وجد ارتباط جوهرى بين الوزن الجاف وتركيز البوتاسيوم فى مختلف الأجزاء النباتية، وهو الذى تناقصت نسبته إلى تركيز الصوديوم — تدريجيًا — بزيادة تركيز الملوحة من ٠,٥ إلى ٩,٠ ديسى سيمنز/م. وكانت أعلى سلالات النوع البرى فى نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم السلالة LA 1579

(Nassar وآخرون ١٩٩٩ب). وفى دراسة ثالثة.. كان الصنف إدكاوى والسلالة LA 1579 من *S. pimpinellifolium* الأكثر تحملاً للملوحة، وكانت صفة التحمل فى كليهما كمية وظهرت بها سيادة فائقة (Hassan وآخرون ١٩٩٩).

كما وجد أن السلالة المتحملة للملوحة Atico، التى تتبع النوع *S. pennellii* تُعد – مقارنة بالطماطم – أكثر كفاءة فى استخدام البوتاسيوم فى ظروف الشدِّ الملحى، ويمكنها استعمال الصوديوم كـ osmoticum وفى بعض الوظائف الأخرى كبديل للبوتاسيوم، ويزداد فيها انتقال البوتاسيوم من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة (Taha وآخرون ٢٠٠٠).

واستخدمت ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: Ramy، و Vemar، وإدكاوى) وسلالة من النوع البرى *S. galapagense* فى دراسة لطبيعة تحمل الملوحة، ووجد أن نسبة أيون البوتاسيوم إلى أيون الصوديوم فى الأوراق وأعناق الأوراق انخفضت مع زيادة شدِّ الملوحة، ولكن النسبة كانت الأعلى فى نباتات النوع البرى. كذلك انخفض جوهريًّا محتوى الأوراق وأعناقها من كل من كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، والكلوروفيل الكلى، وازداد محتوى البرولين، ولكن مع ملاحظة وجود اختلافات جوهرية بين التراكيب الوراثية المختبرة. ووجدت علاقة مؤكدة بين إنتاج أعناق الأوراق من الإثيلين وكل من مدى شدِّ الملوحة، والتركيب الوراثى، وعمر الورقة (El-Iklil وآخرون ٢٠٠٢).

وبتقييم ٥٥ تركيبًا وراثيًّا من الطماطم لتحمل الملوحة فى مزرعة مائية احتوى المحلول المغذى فيها على ٢٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم.. وجد تباينًا كبيرًا بين التراكيب الوراثية فى تحملها المظهرى للملوحة وفى تركيز أيون الصوديوم فى نمواتها الخضرية، كما كانت الصفتان مرتبطتين جوهريًّا؛ حيث دلَّ التركيز العالى للصوديوم على زيادة الضرر للنموات الخضرية. كذلك ارتبطت نسبتا K^+/Na^+، و Ca^{2+}/Na^+ فى النموات الخضرية – جوهريًّا – مع الضرر بالنموات الخضرية؛ حيث دلت النسب العالية لكل من البوتاسيوم والكالسيوم على انخفاض الضرر بالنموات الخضرية. وعلى الرغم من ظهور تباين كبير بين التراكيب الوراثية للطماطم فى الوزن الجاف لكل من

المجموعين الجذرى والخضرى، فإنه لم تظهر ارتباطات موجبة بين أى من هاتين الصفتين وشدة الضرر بالمجموع الجذرى أو تركيز الصوديوم به. ويبدو أن الوزن الجاف للمجموعين الجذرى والخضرى كانا مستقلين عن خاصية تحمل الملوحة فى مرحلة النمو التى وصلت إليها النباتات فى تلك الدراسة (Dasgan وآخرون ٢٠٠٢).

ووجد فى دراسة أجريت على ١٠ أصناف تجارية من الطماطم لتحمل الملوحة أن أكثرها تحملاً (الصنفان Brillante، و Jaguar) تميزا بانخفاض امتصاصهما لكل من الصوديوم والكلوريد، وانخفاض تراكم هذين الأيونين فى نمواتهما الخضرية، مع زيادة امتصاصهما للبوتاسيوم، وزيادة تمثيلهما للسكروز والمواد الكاروتينية ومجموعات الثيول thiol، مع ما ترتب على ذلك من انخفاض فى كل من الـ lipid peroxidation، والأضرار التأكسدية فيهما. ولقد ترتب على ذلك كله زيادة فى إنتاج الكتلة الحيوية فى هذين الصنفين مقارنة بالأصناف الأخرى المختبرة. وتؤكد هذه الدراسة — كذلك — أهمية نسبة الـ K^+/Na^+ العالية، والمحتوى العالى من السكروز، ومضادات الأكسدة فى تحمل الملوحة (Juan وآخرون ٢٠٠٥).

هذا.. وقد أظهر صنف الطماطم Poncho Negro مستوى عالٍ من التحمل للملوحة (٧٥، و١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) والبورون (٥، و٢٠ مجم B) فى المحلول المغذى. ففى هذا الصنف تراكم أيون الصوديوم أساسًا فى الجذور وحَدَّ جزئيًا من انتقاله للأجزاء الهوائية من النبات. كذلك فإن التفاعل بين البورون والملوحة قلل من حركة الصوديوم إلى الأوراق. وربما سمحت قدرة نباتات هذا الصنف على الحدِّ من تراكم الصوديوم، مع تراكم البورون بدرجة أكبر فى أوراقه، ومع المحافظة على مستواه من البوتاسيوم — عند نموه فى وسط يزداد فيه البورون — ربما سمحت تلك العوامل بالزيادة التى لوحظت فى معدل البناء الضوئى بأوراقه. كذلك فإن نباتات هذا الصنف استعملت البرولين والسكريات الذائبة كمنظمات أسموزية فى ظروف تواجد البورون بتركيز عالٍ. وفى جميع ظروف الشدِّ التى تمت دراستها كان هذا الصنف قادرًا على تنظيم محتواه المائى؛ حيث كانت قيم المحتوى المائى النسبى حوالى ٨٦٪ (Diaz وآخرون ٢٠١١).

وعمومًا.. فإن الصفات الفسيولوجية ذات العلاقة بتحمل الملوحة فى الطماطم، والتى يمكن الاعتماد عليها فى برامج التربية، هى:

١- انتقال الصوديوم Na^+ من المحلول المغذى المحيط بالجذور إلى النموات الخضرية.

٢- العلاقة بين محتوى الأوراق من الصوديوم [Na^+] والنقص فى المساحة الورقية.

٣- القدرة على تراكم الصوديوم Na^+ فى الأوراق المسنة، مع المحافظة على تركيز منخفض من الصوديوم [Na^+] فى الأوراق الحديثة.

٤- نسبة تركيز البوتاسيوم إلى الصوديوم [K^+] /[Na^+] فى الأوراق.

التغيرات فى نوعيات البروتين والأحماض الأمينية ومتعددات الأمين

أدى تعريض نباتات من *S. chilense* لكلوريد الصوديوم بتركيز ٢٠٠ مللى مول إلى إنتاجها لأنواع مختلفة من البروتينات فى أنسجة الأوراق والجذور لم تظهر إلا عندما استُحِث إنتاجها بفعل الشدِّ الملحى. ويبدو أن تلك التغيرات ترتبط بتحمل الملوحة فى كامل النبات (Zhou وآخرون ٢٠١١).

ويُعد الـ Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثرًا بزيادة الملوحة. وقد قارن Kartz & Tal (١٩٨٠) مستوى البرولين المتراكم فى أنسجة الكالوس المتحصل عليها من أوراق أصناف الطماطم التجارية والنوع البرى *S. peruvianum* فى بيئات مختلفة تحتوى على كلوريد الصوديوم أو البرولين. ووجد الباحثان أن مستوى البرولين الطبيعى — فى أنسجة الكالوس الخاص بالأصناف التجارية ازداد — عند تعرضها لزيادة كلوريد الصوديوم — بدرجة أكبر مما حدث فى أنسجة النوع البرى، وكان مماثلاً لما يحدث — عادة — فى النباتات الكاملة لدى تعرضها لظروف قاسية. وقد تراكم البرولين فى أنسجة الكالوس النامية فى بيئة أضيف إليها البرولين بدرجة واحدة فى الطماطم والنوع البرى، إلا أن تركيز الحامض الأمينى تناقص فى أنسجة الكالوس — مع الوقت — فى النوع البرى بدرجة أكبر مما فى الطماطم.

إن تراكم البرولين بعد دليلاً على الحساسية لملح كلوريد الصوديوم لدى تعريض أوراق الطماطم المفصولة للملح بتركيز ١٠٠ مللى مول لمدة ٨ ساعات؛ حيث يزداد التراكم فى الأوراق المفصولة فى الطماطم فى الضوء عما فى أوراق *S. pennellii* المتحمل للملوحة فى الضوء والظلام على حد سواء، إلاّ أن بادئات تمثيل البرولين تتباين بين النوعين. ففى الطماطم كانت بادئات البرولين، هى: الأرجينين والأسباراجين، والأورنثين (فى الضوء)، وحامض الجلوتامك (فى الظلام)، أما فى *S. pennellii* فإن بادئات البرولين كانت: الأرجينين فى الظلام والأسباراجين والجلوتامين وحامض الجلوتامك فى كل من الضوء والظلام (Guerrier ١٩٩٨).

ويزداد التحول من حامض الجلوتامك إلى البرولين فى النوع البرى المتحمل *S. pennellii* بزيادة الشدّ الملحى (Santa-Cruz وآخرون ١٩٩٩).

وعندما قيمت عشرة أنواع من الجنس *Solanum* لتحمل الملوحة، وجد أن *S. galapagense* كان أكثرها تحملاً، بينما كان *S. pennellii* أكثرها حساسية، وكان ترتيب صنف الطماطم Duke السابع فى مستوى تحمل الملوحة. وعلى الرغم من أن جميع الأنواع المقيمة ازداد فيها تركيز البرولين فى كل أعضائها النباتية استجابة للملوحة، إلا إنه لم تظهر علاقة عامة بين تراكم البرولين فى تلك الأنواع وبين درجة تحملها النسبى للملوحة. هذا.. إلا أن التراكم النسبى للـ trigonelline فى الأنسجة الميرستيجية للنباتات التى تعرضت لشد كلوريد الصوديوم ارتبط بمدى تحمل تلك الأنواع للملوحة، كما ارتبط مستوى تحملها مع قدرتها على كل من: الاحتفاظ بالامتلاء tugror فى الأوراق النامية، واستبعاد الصوديوم من الأوراق النامية، واستبعاد الكلوريد من أنسجة الجذر (Rajasekaran وآخرون ٢٠٠٠).

ووجد لدى تعريض ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: UC-97، و Momotaro، وإدكاوى) لتركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم أن الصنف UC-97 كان أكثرها

حساسية، وإدكاوى الأكثر تحملاً، حيث كان تأثره بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم أقل فيما يتعلق بكل من النمو النباتى ومعدل البناء الضوئى، وكان محتوى النمو الخضرى من الصوديوم والبرولين أعلى كثيرًا فى الصنف إدكاوى؛ بما يعنى احتفاظه بقدر أكبر من الضغط الامتلائى (Moghaieb وآخرون ٢٠٠١).

وقد قورنت مستويات متعددات الأمين فى أوراق سلالة الطماطم الحساسة للملوحة LA 1500، وسلالة *S. pennellii* المتحملة PE-47 فى ثلاثة مستويات من كلوريد الصوديوم، هى: صفر، و١٠٠، و٢٠٠ مللى مول لمدة ٣٢ يومًا. أدت كلتا معاملتى الملوحة إلى خفض مستويات البوترسين والأسبرميدين فى الأوراق. وبينما ازداد مستوى الاسبرمين فى أوراق النوع البرى فقط بمعاملة ١٠٠ مللى مول كلوريد الصوديوم، فقد انخفض مستواه فى أوراق الطماطم. أدت معاملة الملوحة إلى خفض مستوى متعددات الأمين الكلى، وكذلك مستوى البوتاسيوم، وترافق ذلك مع زيادة فى تركيز الصوديوم وانخفاض فى تركيز البوتاسيوم فى الأوراق، وذلك فى كلا النوعين (Santa-Cruz وآخرون ١٩٩٧).

إن البوترسين putrescine يتراكم وتزداد نسبته إلى الاسبرميدين والاسبرمين فى ظروف الملوحة بدرجة أكبر فى النوع المتحمل للملوحة *S. pennelli* عما فى الطماطم ليلاً ونهارًا، أم الاسبرميدين spermidine، والاسبرمين spermine فإنهما يتراكما فى كلا النوعين البرى والمنزرع فى الضوء وليس فى الظلام. كذلك يزداد محتوى حامض الجلوتامك، والبرولين ونسبته إلى البولى أمينات الأخرى فى النوع البرى ليلاً فى ظروف الملوحة (Santa-Cruz وآخرون ١٩٩٨).

هذا.. ويزداد تركيز الـ myo-inositol فى نباتات الطماطم التى تؤقلم على الملوحة إلى درجة أنه يشكل حوالى ثلثا المواد الكربوهيدراتية الذائبة فى الأوراق وحوالى ثلاثة أرباع المواد الكربوهيدراتية الذائبة فى الجذور فى النباتات المؤقلمة على الملوحة؛ الأمر الذى يحدث فى خلال ثلاثة أيام من تعريض النباتات لـ ١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم بالإضافة إلى

الأملاح المغذية لمحلول هوجلند المغذى. وبينما يزداد — كذلك — تركيز السكريات السداسية الحرة والسكروز بمجرد التعرض للملوحة العالية، فإنها تعود إلى مستواها الطبيعى فى نهاية فترة الثلاثة أيام، بينما يستمر تركيز الـ myo-inositol عاليًا، هذا مع العلم بأن النمو يتوقف خلال فترة الأيام الثلاثة، ثم تعاود النباتات — التى تكون قد تأقلمت على الملوحة — نموها — بمعدل منخفض — بعد ذلك. وبدراسة مستوى الـ myo-inositol فى نباتات *S. pennellii* المتحملة للملوحة والسلالات المتحملة والحساسة للملوحة المنتخبة من التلقيح بينها وبين الطماطم فى الـ BC_1 والـ F_8، كان مستواه أعلى ما يمكن فى أكثر التراكيب الوراثية تحملاً للملوحة، ومتوسطًا فى الصنف العادى، ومنخفضًا فى التراكيب الوراثية الحساسة، وذلك بعد المعاملة بالملح (Sacher & Staples ١٩٨٥).

التغيرات فى محتوى النباتات من مضادات الأكسدة

تبين أن نباتات السلالة Atico من *S. pennellii* المتحملة للملوحة تتمتع بالحماية من العناصر النشطة فى الأكسدة — تحت كل من ظروف شدّ الملوحة والظروف العادية — عن نباتات الطماطم الحساسة (Shalata & Tal ١٩٩٨).

التغيرات فى إنتاج النباتات للإثيلين

دُرست ظاهرة الـ epinasty (ميل نصل الأوراق إلى أسفل) — التى ترتبط بإنتاج النباتات للإثيلين — فى ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: Edkawy، وRamy، و Vemar، بترتيب تنازلى لتحملها للملوحة)، وإحدى سلالات النوع البرى المتحمل للملوحة *S. galapagense* لدى تعريضها لأربعة مستويات من الشدّ الملحى (هى: صفر و٥٠، و١٠٠، و٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم)، ووجد أن الـ epinasty تزداد بزيادة مستوى الملوحة حسب التركيب الوراثى، وعمر الورقة، ومدة التعرض للشدّ الملحى. كذلك ازداد الإنتاج النسبى للإثيلين من أعناق الأوراق بزيادة الشدّ الملحى. وقد أظهرت الأصناف المتحملة للملوحة درجة أقل من الـ epinasty وقدرًا أقل من الإنتاج النسبى للإثيلين (El-Iklil وآخرون ٢٠٠٠).

التربية لتحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

التربية التقليدية للأصناف المتحملة

إن من أهم الصفات التى يجب أن يأخذها المربى فى الحسبان عند التربية لتحمل الملوحة الصفات التالية:

١- زيادة حجم وقوة نمو المجموع الجذرى.

٢- زيادة كفاءة امتصاص الماء من التربة.

٣- زيادة كفاءة تصنيع المادة الجافة لكل وحدة ممتصة من الماء.

٤- زيادة الانتخابية فى امتصاص العناصر، بزايدة القدرة على امتصاص عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم وضعف القدرة على امتصاص الصوديوم.

٥- زيادة القدرة على تجميع الصوديوم الممتص فى الفجوات العصارية وفى الأوراق المسنة.

ومع التعرف على المصادر الوراثية لتلك الصفات، يتعين تجميعها معًا بطريقة "التهريم" pyramiding فى تركيب وراثى واحد (Cuartero & Fernández-Munoz ١٩٩٩).

وقد قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة LA1401 من النوع البرى *S. galapagense*، وأنتجا الجيلين الأول والثانى، والتهجينات الاختبارية، والجيل الثالث للتهجين الرجعى الأول إلى صنف الطماطم. وقد انتخبا من هذا الجيل الرجعى الأول سلالات كانت على درجة عالية من القدرة على تحمل الملوحة؛ حيث أمكنها البقاء، وأنتجت محصولاً من الثمار، بالرغم من ريها بمحاليل مغذية، وصلت فيها نسبة ماء البحر إلى ٧٠٪.

وقد حصل Hassan & Desouki (١٩٨٦) — كذلك — على سلالات متشابهة فى الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الأول بين صنف الطماطم Peto 86 ونفس السلالة البرية السابقة.

كما حصل Sacher وآخرون (١٩٨٢) أيضًا على سلالات قادرة على تحمل الملوحة، ولكن من الجيل التاسع للتلقيح الرجعى الأول إلى الطماطم بعد التلقيح بين صنف الطماطم New Yorker والسلالة P.I. 246502 للنوع البرى *S. pennellii*.

كذلك أُنتج صنف طماطم للتصنيع متحمل للملوحة بتلقيح أحد أصناف التصنيع مع *S. pennelli*، ثم أُتبع ذلك بأربع دورات من الانتخاب المتكرر (Shannon ١٩٩٧).

هذا فضلاً عن انتخاب المزارعين فى شمال مصر للصنف إدكاوى المتحمل للملوحة تحت ضغط ملحى عالٍ على الصنف سوبر مارمند المنزرع على مياه الصرف الزراعى عالية الملوحة (Hassan & Desouki ١٩٨٢).

وأُجرى تلقيح بين كل من صنفى الطماطم Marikit، و Improved Pope، وكل من السلالة *S. galapagense*، والسلالة Atico من *S. pennellii*، ولقحت الأنسال رجعيًا إلى صنف الطماطم Floradade، ولقح النسل ذاتيًّا، وانتُخبت الأنسال المتحملة للملوحة بالتقييم فى مزارع الخلايا (Tal & Rosario ١٩٩٠).

وقد قدَّم Cuartero وآخرون (٢٠٠٦) عرضًا لجهود تربية الطماطم؛ باستراتيجيتين، هما: استعمال الواسمات الجزيئية، والتحويل الوراثى.

الانتخاب فى مزارع الأنسجة

جرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع للأنسجة، وتبعًا لـ Fillippone (١٩٨٥).. فإن أفضل تركيز لملح الطعام فى مزارع الأنسجة هو ٠,٥٪. وكان الباحث قد استعمل "explants" من فلقات صنفين من الطماطم زرعا على بيئة Linsmaier & Skoog، أضيف إليها IBA، و BA. وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يومًا من بداية الاختبار، مما قد يعنى وجود اختلافات وراثية بينهما فى القدرة على تحمل الملوحة.

كذلك تمكن Bourgeais وآخرون (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى صنف الطماطم سانت بيير St-Pierre، على صورة زيادة مضطردة فى النمو النباتى، مع النقل المتكرر إلى بيئات مغذية تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ٧٥ أو ١٠٠ مللى مول. وقد استمرت الزيادة فى القدرة على تحمل الملوحة حتى الجيل الثالث؛ حيث لم تظهر فى الجيل الرابع أية زيادة إضافية فى النمو النباتى عند تساوى تركيز الملح فى الجيلين. وقد استخدم الباحثون فى هذه الدراسة — لمزارع الأنسجة — إما النسيج الطرفى للسيقان (بما فى ذلك البرعم القمى والسلاميات الأخيرة)، وإما نسيج الكالوس المتكون من جذور أو سيقان النباتات.

وأمكن تجديد النمو فى البيئة الصناعية لكل من السلالتين LA530، و LA1401 من *S. galapagense* بتزويد البيئة بتوافيق من الزِيّاتين أو البنزيل أدنين مع إندول حامض الخلّيك. وبينما لم تُجَذِّر أى من النموات الخضرية المتحصل عليها من السلالة LA530 عندما زُرعت فى بيئة موراشيح وسكوج كاملة مزودة بـ ٢٠٠ مللى مولار كلوريد صوديوم، فإن ٩٣٪ من النموات الخضرية للسلالة LA1401 جَذَّرت تحت نفس الظروف (Arrillaga وآخرون ٢٠٠١).

تربية الأصول المتحملة

أثرت سلالات منعزلة من تلقيح بين سلالة حساسة للملوحة من الطراز cerasiforme من *Solanum lycopersicum*، وسلالة متحملة من *Solanum pimpinellifolium* — عندما استخدمت كأصول لهجين تجارى من الطماطم — أثرت بوضوح على تركيز الصوديوم والفوسفور والنحاس، والمحتوى المائى لأوراق الطعم فى ظروف الملوحة، وبلغت تقديرات كفاءة تلك الصفات ٠,٤ أو أعلى من ذلك، وأمكن التعرف على ما يصل إلى خمس QTLs لكل صفة. وبدا أن تحسين الأصول لمحصول ثمار الطعم تحت ظروف الملوحة كان مرده إلى قدرة الأصول على الحد من الاضطرابات فى الوضع المائى بالطعم (Asins وآخرون ٢٠١٠).

التحويل الوراثى لتحمل الملوحة

لقد أوضحت جميع الدراسات التى أُجريت على الطماطم أن القدرة على تحمل الجفاف أو الملوحة صفة كمية يتحكم فيها عدة جينات. ولذا.. فإن محاولات إنتاج طماطم محولة وراثيًّا بأحد الجينات المسئولة عن إنتاج مركب معين ذا صلة بتحمل الملوحة لا يُتوقع لها أن تكون على درجة عالية من النجاح (عن Labate وآخرين ٢٠٠٧).

التحويل الوراثى بالجين oxalate oxidase

أمكن تحويل الطماطم وراثيًّا بالجين oxalate oxidase، وأظهرت النباتات المحولة وراثيًّا تحملاً للملوحة؛ حيث ازداد محصولها من الثمار تحت كل من ظروف شد الملوحة وظروف عدم الشد عما فى النباتات التى لم تُحول وراثيًّا (Dessalegne وآخرون ١٩٩٧).

التحويل الوراثى بالجين BADH

أمكن تحويل صنف الطماطم الحساس للملوحة Bailichun وراثيًّا بالجين BADH (اختصارًا: BADH) aldehyde dehydrogenase من *Atriplex hortensis*، وهو الجين الذى يتحكم فى تمثيل الإنزيم betaine aldehyde dehydrogensase (اختصارًا: BADH)، وهو المسئول عن إنتاج الجليسين بيتين فى ظروف شدّ الملوحة. ظهرت بالنباتات المحولة وراثيًّا مستويات أعلى جوهريًّا من كل من الرنا الرسول ونشاط الـ BADH عما فى النباتات غير المحولة وراثيًّا. كذلك أظهرت النباتات المحولة وراثيًّا تحملاً لشدّ الملوحة، حيث نمت طبيعيًّا فى تركيزات من الملوحة بلغت ١٢٠ مللى مول (Tia وآخرون ٢٠٠٢).

وفى دراسة أخرى للتحويل الوراثى بالجين BADH، أظهرت النباتات المحولة وراثيًّا زيادة فى نشاط الإنزيم وفى محتوى البيتين betane، مقارنة بالوضع فى النباتات

غير المحولة وراثيًا. ولقد أدى شد الملوحة إلى خفض محتوى الكلوروفيل بدرجة أكبر فى النباتات غير المحولة وراثيًا عما فى النباتات التى حوِّلت وراثيًا وأظهرت النباتات غير المحولة وراثيًا مستوى أعلى من البرولين عما أظهرته النباتات التى حُوِّلت وراثيًا، وذلك عند مستوى ٠,٩٪، و١,٣٪ كلوريد صوديوم. كذلك انخفض محتوى أيونا البوتاسيوم والكالسيوم فى جميع السلالات المختبرة، لكن — فى المقابل — أظهرت النباتات المحولة وراثيًا تراكمًا جوهريًا للأيونين عما فى النباتات التى لم تحول وراثيًا، وحدث العكس بالنسبة لأيونى الصوديوم والكلور. وكانت ثمار النباتات المحولة وراثيًا أعلى جودة؛ حيث انخفضت فيها نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى (Zhou وآخرون ٢٠٠٧).

التحويل الوراثى بالجين HAL1

أدى تحويل الطماطم وراثيًا بجين الخميرة HAL1 إلى زيادة تحملها للملوحة، وإلى احتفاظها بنسبة عالية من أيون البوتاسيوم إلى أيون الصوديوم فى خلاياها (Gisbert وآخرون ٢٠٠٠).

وفى دراسة أخرى حُوِّلت الطماطم وراثيًا بنفس الجين (HAL1 المتحصل عليه من الخميرة)، ووجد أن ذلك أدى إلى الحد من النقص فى المحصول المصاحِب للتعرض لشدِّ الملوحة. وأدى هذا الجين فى الطماطم — كما يؤدى فى الخميرة — إلى زيادة نسبة أيون البوتاسيوم إلى أيون الصوديوم فى ظروف شدِّ الملوحة (Rus وآخرون ٢٠٠١).

التحويل الوراثى بالجين AtNHX1

أمكن تحويل صنف الطماطم إدكاوى وراثيًا بجين تحمل الملوحة AtNHX1؛ بهدف زيادة قدرته على تحمل الملوحة (El-Awady وآخرون ٢٠١٤).

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

الفصل الخامس

التربية لتحمل شد الجفاف

طفرات النمو الجذرى المؤثرة فى كفاءة امتصاص الماء والعناصر

لا يخفى ما للنمو الجذرى من تأثير فى تحمل النباتات لشدِّ الجفاف؛ ولذا.. اتجه بعض الباحثين إلى الاهتمام بالنمو الجذرى على أساس أنه يمكِّن النبات من الاستفادة من الرطوبة التى توجد فى قطاع أكبر من التربة. وذُكرت — فى هذا المجال — طفرة الجذر القطنى Cottony root التى اكتشفت أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور. وقد وجدت هذه الطفرة فى السلالة P.I 121665، وتميزت باحتوائها على عدد كبير جداً من الشعيرات الجذرية؛ فضلاً على كفاءتها العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور. وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح، أُعطى الرمز crt.

ويذكر Zobel (١٩٨٦) عدة طفرات تتحكم فى النمو الجذرى لنبات الطماطم، منها ما يلى:

١- الطفرة المتنحية dgt، وهى غير قادرة على إنتاج جذور جانبية.

٢- الطفرة المتنحية ro، وهى غير قادرة على إنتاج جذور عرضية.

وقد وجد أن النبات الأصيل المتنحى فى الطفرتين (dgt dgt ro ro) — وهو يفترض أن يكون خاليًا من أية جذور غير الجذر الأولى — ينمو به عدد يصل إلى ١٢ جذرًا من السويقة الجنينية السفلى والجزء العلوى من الجذر الأولى. كما أن المجموع الجذرى للنبات dgt dgt يكون طبيعيًا إذا طعم عليه نبات — Dgt.

٣- الطفرة المتنحية brt (نسبة إلى bushy root)، التى يظهر بها عدد كبير من الجذور من الجزء القاعدى للسويقة الجنينية السفلى ومن الجذر الرئيسى؛ أما نموها

الخضرى فهو صغير وضعيف. وقد وجد أن هذا الشكل المظهرى يتكون نتيجة لتراكم النشا فى قاعدة الساق والجذر. وقد تبين أن تطعيم الطفرة brt brt على أصل طبيعى يجعل النمو الخضرى للطعم طبيعيًا، بينما يؤدى تطعيم النبات الطبيعى على الطفرة إلى جعل النمو الخضرى للطعم طفريًّا.

٤- طفرة الجذر المتقزم dwarf root التى تجعل النمو الجذرى متقزمًا، دون أن يكون لها أى تأثير فى النمو الخضرى. ويمكن أن تفيد هذه الطفرة فى حالة الرى بالتنقيط، وعند الزراعة بنظام تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique.

التباينات الوراثية فى تحمل شد الجفاف

يذكر Rick (١٩٧٧) توفر صفة تحمل الجفاف فى ثلاثة من الأنواع البرية، هى:

١- النوع البرى *S. pennellii*:

ينمو هذا النوع — بريًّا — فى مناطق شديدة الجفاف فى غربى بيرو، تنعدم فيها الأمطار تقريبًا — بينما تحصل النباتات على معظم احتياجاتها من الرطوبة مما يتكثف على سطح أوراقها من ندى.. علمًا بأن الضباب يكون كثيفًا فى تلك المناطق. وتتميز النموات الخضرية لهذا النوع باحتياجاتها القليلة من الرطوبة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء فى أنسجتها؛ أما نموها الجذرى.. فهو ضعيف.

٢- إحدى سلالات النوع *S. peruvinum* التى وجدت نامية فى وسط الصحراء بأمريكا الجنوبية.

٣- إحدى سلالات النوع *S. chilense* التى تتميز بمجموعها الجذرى الكثيف المتعمق فى التربة (عن Rick ١٩٧٧).

وقد درس Taylor وآخرون (١٩٨٢) إنبات البذور والنمو الأولى للبادرات — تحت ظروف الجفاف مع الحرارة المرتفعة، أو المعتدلة — فى كل من الطماطم والسلالات المقاومة

للجفاف من النوعين البريين *S. chilense*، و *S. pennellii*، ووجدوا — على غير المتوقع — أن الأنواع البرية كانت أكثر حساسية للجفاف من الطماطم فى حرارة ٢٥ °م، بينما تساوت مع الطماطم فى الإنبات والنمو الأولى للبادرات — تحت ظروف الجفاف — عندما كانت درجة الحرارة ٣٠ أو ٣٥°م.

وقد تبين أن أصناف الطماطم ذات الثمار الصغيرة والمتوسطة الحجم — بصفة عامة — أكثر تحملاً لشدِّ الجفاف، وأكثر قدرة على إنتاج محصول من الثمار فى ظروف شد الجفاف عن الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم. وكان الصنف TM0126 — ذات الثمار الصغيرة الحجم — أكثر الأصناف قدرة على تحمل شدِّ الجفاف، وذلك من بين ١٦ صنفًا تم تقييمها (Rahman وآخرون ١٩٩٨).

وراثة تحمل الجفاف

يُستدل من الدراسات الوراثية على أن المقاومة للجفاف فى النوع *S. pennellii* صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية (عن Stevens ١٩٨٠).

لقد دُرست وراثة تحمل الجفاف فى مرحلة إنبات البذور فى نباتات التلقيح الرجعى الأول بين سلالة الطماطم الحساسة NC84173 (وهى التى استخدمت كأم وفى التهجين الرجعى) والسلالة المتحملة لظروف الجفاف فى مرحلة الإنبات LA722 من *S. pimpinellifolium*، ووجد أن الانتخاب لتلك الصفة فى نباتات التلقيح الرجعى الأول (BC_1) حسَّن من قدرة نسلها (BC_1S_1) على الإنبات فى ظروف الجفاف. كما أمكن التعرف على أربع QTLs للقدرة على إنبات البذور فى ظروف الجفاف، اثنتان منها حُملتا على الكروموسومين ١، و٩ وحُصِلَ عليهما من الأب البرى المعطى، وكان لهما تأثيرات أكبر على الصفة عن عاملا الـ QTLs الآخرين، وهما اللتان حُملتا على الكروموسومين ٨، و١٢ وأسهمت بهما سلالة الطماطم (الأب المتكرر) (Foolad وآخرون ٢٠٠٣).

وقد وجد أن جين الطماطم SIDREB يلعب دورًا فى تثبيط التعبير عن الجينات المفتاحية التى تعمل على تمثيل حامض الجبريلليك فى النبات؛ وبذا.. فهو يعمل كمنظم إيجابى فى حالات شد الجفاف (وكذلك عند معاملة النباتات بحامض الأبسيسك)، وذلك بحدِّه الزيادة فى مساحة الورقة وفى استطالة السلاميات؛ علمًا بأن حالة التقزم تلك يمكن التغلب عليها بمعاملة النباتات بحامض الجبريلليك (Li وآخرون ٢٠١٢).

طبيعة تحمل الجفاف

أظهرت السلالة PE-47 من النوع البرى *S. pennellii* قدرة عالية على تحمل الجفاف عن صنف الطماطم P-73، وارتبطت تلك الخاصية بكفاءة أكبر فى التحكم فى الثغور فى السلالة البرية؛ حيث أدت إلى تقليص النقص المائى بالأوراق وغياب أى تغيرات مورفولوجية تحت ظروف الشدّ المائى مقارنة بما حدث فى الطماطم (Torrecillas وآخرون ١٩٩٥).

ويُعد النوع البرى *S. chilense* أكثر أنواع الطماطم تحملاً للجفاف، وقد تبين أن تلك الخاصية ترتبط فى السلالة LA2747 من هذا النوع بإنتاج إنزيم الشيتينيز chitinase بواسطة جين ينْشَط فعله فى ظروف الجفاف وبتأثير حامض الأبسيسك. ويزداد إنتاج هذا الإنزيم فى الأوراق عنه فى الجذور (Yu وآخرون ١٩٩٨).

ولقد استُخدم صنفان من الطماطم حسَّاسين لشد الجفاف (هما: Kykko، و Ratan)، وصنفان متحملين (هما: TM0126، و VF-134-1-2) فى دراسة لطبيعة تحمل الجفاف، ووجد أن التعرض لشدّ الجفاف أدى إلى انخفاض الجهد المائى بالأوراق leaf water potential (اختصارًا: LWP)، وإلى زيادة نشاط الإنزيم superoxide dismutase (اختصارًا: SOD) فى جميع الأصناف المختبرة، إلاّ أن الانخفاض فى الـ LWP كان أقل بمقدار ٢٠٪–٣٥٪ فى الصنفين المتحملين مقارنة بمدى الانخفاض الذى

حدث فى الصنفين الحساسين، كما ازداد نشاط الـ SOD فى كل الأصناف، إلاّ أن الزيادة كانت أسرع كثيرًا وأوضح فى الصنفين الحساسين عما فى الصنفين المتحملين (Rahman وآخرون ٢٠٠٤).

هذا.. ويُعد صنف الطماطم Zarina متحملاً للجفاف، مقارنة بالصنف الحساس Josefina. وتكمن قدرته على التحمل — كما أوضحت دراسات التطعيم — فى النموات الخضرية وليس فى جذور الصنف، الذى يزداد فى نمواته الخضرية نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة تحت ظروف الشد الرطوبى، حتى ولو استخدم الصنف الحساس Josfina كأصل (Sánchez-Rodriguez وآخرون ٢٠١٢).

وقد وجد أن صنف الطماطم الشيرى هذا Zarina (الذى كان أكثر تحملاً لشدٍّ الأكسدة — لدى تعرضه لشدٍّ جفافى معقول — عن أربعة أصناف شيرى أخرى) .. وُجد أنه أنتج كتلة بيولوجية أكبر، ومحتوى رطوبى نسبى أكبر بالأوراق، مع نشاط مضاد للأكسدة، ومحتوى منخفض من المركبات الحامية الأسموزية (Sánchez-Rodriguez وآخرون ٢٠١٠).

التربية لتحمل الجفاف

أمكن تهجين النوع البرى المتحمل للجفاف *S. pennellii* مع الطماطم، وأمكن المحافظة على صفة قدرة الأوراق على الاحتفاظ بالماء فى أنسجتها بعد عدة تلقيحات رجعية؛ مما يعنى إمكان الاستفادة من هذه الخاصية فى خفض الاحتياجات المائية للطماطم (عن Rick ١٩٨٠).

التحويل الوراثى لتحمل شد الجفاف

أظهرت نباتات الطماطم المحولة وراثيًا بالجين ATHB-7 انخفاضًا فى كثافة الثغور وحجمها، كما كانت أكثر تحملاً للنقص فى الرطوبة الأرضية (Mishra وآخرون ٢٠١٢).

وأمكن عزل جين USP (المسئول عن إنتاج الـ universal stress protein) من الطماطم البرية *S. pennellii* (وهو الجين SpUSP)، وحُوِّلت به الطماطم بطرق الهندسة الوراثية. تجمَّع البروتين الذى يُشفر لتمثيله هذا الجين فى خلايا ثغور الأوراق، وتباين تركيزه بين الليل والنهار. ولقد استُحِثَّ نشاط الجين بوضوح لدى تعريض النباتات لأى من ظروف شدِّ الجفاف أو الملوحة، أو الشد التأكسدى، أو لحامض الأبسيسك، وكان تواجد البروتين — أساسًا — فى النواة والغشاء الخلوى. وأدى التعبير عن الجين SpUSP إلى زيادة تحمل الطماطم للملوحة فى كل من مرحلتى نمو البادرة والنبات البالغ. وفى ظروف الجفاف ازداد محتوى النباتات المحولة وراثيًا — جوهريًا— من حامض الأبسيسك؛ الأمر الذى أدى إلى غلق الثغور وتقليل فقد الماء بالنتح؛ ومن ثم زيادة القدرة على تحمل الجفاف (Loukehaich وآخرون ٢٠١٢).

الفصل السادس

التربية لتحمل شد غدق التربة

نظرًا إلى الوعى المتزايد لدى العامة والمتخصصين بشأن النقص فى كميات الماء الصالحة للرى على المستوى العالمى.. فإن تربية الطماطم لتحمل الزيادة الكبيرة فى الرطوبة الأرضية تبدو أمرًا غير منطقى. وبالرغم من ذلك.. فإن جهودًا كبيرة تبذل فى هذا الاتجاه.. والهدف فى كل الحالات هو زيادة فرصة نجاح زراعة الطماطم فى المناطق الغزيرة الأمطار، التى تكون أراضيها غدقة لفترة طويلة من موسم الزراعة، والتى تتعرض للفيضانات Floods من حين لآخر.

المصادر الوراثية لتحمل غدق التربة

تتوفر القدرة على تحمل غدق التربة فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم، منها: السلالة LA1421 (Rebigan وآخرون ١٩٧٧)، والصنف VF134. ففى تجربة أجريت فى نيوزيلندة – لتقييم بعض أصناف الطماطم – هطلت أمطار غزيرة بلغت ٥٧ سنتيمترًا فى يوم واحد، وأدت إلى القضاء على جميع الأصناف فيما عدا الصنف VF134 (W.L. Sims اتصال شخصى ١٩٨٢).

وقد أجريت دراسة موسعة على التقييم لتحمل الرطوبة الأرضية العالية فى المعهد الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر، قام بها Kuo وآخرون (١٩٨٢). تضمنت الدراسة ٤٦٣٠ صنفًا وسلالة من الجنس *Solanum* ووجد الباحثون أن ثمانى سلالات منها فقط – أى أقل من ٠,٢٪ من العدد الكلى – أظهرت قدرة على تحمل فترات قصيرة من الإغراق بالماء Flooding المصاحَب بارتفاع فى درجة الحرارة، وكانت أفضل السلالات هى L-123. وبالرغم من ذلك .. فقد كانت هذه السلالة أكثر حساسية للغدق من سبعة أنواع أخرى من

الخضر قورنت بها تحت نفس الظروف. وفى الولايات المتحدة.. وجدت المقاومة العالية للإغراق بالماء (لمدة خمسة أيام) فى سلالة الطماطم P.I 406966 (McNamara & Mitchell ١٩٨٩).

طبيعة القدرة على تحمل الغدق

يؤدى تعرض نباتات الطماطم لظروف الغدق إلى ظهور سلسلة من الأعراض التى يمكن التنبؤ بها؛ وهى: انحناء أنصال الأوراق إلى أسفل Leaf epinasty، وانغلاق الثغور، وضعف النمو الخضرى فى خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى. ثم تظهر أعراض الاصفرار Chlorosis، وتسقط الأوراق الكبيرة بعد ٧٢-٩٦ ساعة من بداية التعرض للغدق. وتظهر الجذور العرضية على الأجزاء القاعدية من الساق — عادة — بعد ٢٤ ساعة أخرى. وتلعب القدرة على تكوين هذه الجذور العرضية دورًا كبيرًا فى القدرة على تحمل الغدق. ويتناسب مقدار النقص المشاهد فى الوزن الجاف للنبات، ومساحة الأوراق والمحصول — عكسيًا — مع قدرة النبات على تكوين الجذور العرضية.

وقد وجد Poysa وآخرون (١٩٨٧) أن هذه الجذور العرضية شكلت أكثر من ٥٠٪ من النمو الجذرى فى النباتات التى تعرضت لظروف الغدق بصورة مستمرة، بينما كان نموها محدودًا فى النباتات التى تعرضت لظروف الغدق بصورة متقطعة. وقد اقترح McNamara & Mitchell (١٩٨٩) أن المقاومة للغدق ربما يكون مردها إلى احتياج جذور السلالات المقاومة إلى كميات أقل من الأكسجين لتنفسها، وعلى قدرتها على التخلص من المركبات السامة التى تتكون أثناء تعرضها للإغراق.

كما وجد أن صفة تحمل الغدق فى السلالة P.I. 128644 من النوع البرى *S. peruvianum* (الصنف النباتى السابق *dentatum*) ترتبط بانخفاض حاجة الجذور للأكسجين اللازم للتنفس، وقدرة أكبر على جلب أو إزالة المواد السامة التى تتكون أثناء الغمر بالماء (McNamara & Mitchell ١٩٨٩).

وفى دراسة لاحقة (McNamara & Mithchell ١٩٩٠).. وُجد أن سلالة الطماطم المقاومة للإغراق P.I. 406966 كونت جذورًا عرضية كثيرة خلال خمسة أيام من معاملة التعرض للإغراق مقارنة بالسلالة P.I. 128644 من *S. peruvianum* غير المقاومة التى كونت جذورًا عرضية قليلة. كما ازدادت مسامية السويقة الجينية السفلى فى السلالة المقاومة للإغراق بنسبة ٣٪–٦٪، و٨٪ بعد ٣٦، و٧٢ ساعة من التعرض للغدق على التوالى، بينما لم تتأثر المسامية فى السلالة غير المقاومة.

وعلى صعيد آخر.. وجد Kuo & Chen (١٩٨٠) تماثلاً كبيرًا بين تأثير كل من معاملة الإغراق بالماء Flooding، والمعاملة بالإثيفون عن طريق ماء الرى على نباتات الطماطم؛ فكلاهما أدى – فى عدد من الأصناف – إلى ضعف نمو الساق، واصفرار الأوراق وميلها لأسفل، ونمو الجذور الجانبية. وقد كانت أكثر السلالات تحملاً للإغراق – وهى L 123 – أقلها فى تراكم الحامض الأمينى برولين Proline بها تحت هذه الظروف. هذا .. علمًا بأن مستوى البرولين فى النبات يتحدد بمدى النقص فى مستوى الأكسجين فى التربة أثناء التعرض للغدق؛ فكلما ازداد النقص فى الأكسجين.. ازداد تراكم البرولين فى أنسجة النبات. وقد أدى ذلك إلى اعتقاد الباحثين أن مقاومة السلالة L 123 للغدق مردها – جزئيًا – إلى قدرتها على نقل الأكسجين من النموات الهوائية إلى الجذور.

التحويل الوراثى لتحمل الغدق

أُجرى تحويل وراثى لصنف الطماطم Heinz 902 بالجين البكتيرى 1-aminocyclopropane-1carboxylic acid deaminase، وأظهرت النباتات المحولة وراثيًا بعض الزيادة فى تحمل شدِّ الغدق، وكانت أقل تعرضًا – للتأثيرات الضارة لغياب الأكسجين عن الجذور على النمو النباتى – عن النباتات غير المحولة وراثيًا (Grichko & Glick ٢٠٠١).

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

الفصل السابع

التربية لتحمل نقص العناصر المغذية

أجريت دراسات عديدة بهدف زيادة قدرة الطماطم – وراثيًا – على تحمل نقص العناصر الغذائية. ويفيد ذلك عند الزراعة فى الأراضى الفقيرة بطبيعتها فى هذه العناصر، وفى الأراضى القلوية التى يثبَّت فيها كثير من العناصر فى صورة غير ميسرة للنبات، وفى المناطق التى لا يوجد فيها وعى بأهمية عملية التسميد، ففى هذه الحالات.. تستفيد النباتات – التى تتحمل نقص العناصر – من القدر الضئيل الذى قد يكون متوفرًا منها فى التربة. ونذكر – فيما يلى – جهود التربية فى هذا المجال مقسمة حسب العناصر.

تحمل نقص النيتروجين

قيم O'Sullivan وآخرون (١٩٧٤) ١٤٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذٍ، يحتوى على مستوى منخفض من الآزوت؛ بتوفير العنصر بمعدل ٣٥ ملليجرامًا فقط لكل نبات، ووجدوا اختلافات وراثية بين السلالات من حيث كفاءتها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبرًا عن ذلك بالملليجرام من المادة الجافة التى يُصَنِّعها النبات مقابل كل ملليجرام من الآزوت الممتص. وتحت هذه الظروف.. كان الوزن الجاف للسلالات ذات الكفاءة العالية أعلى بمقدار ٤٥٪ من السلالات القليلة الكفاءة.

وقد تبين من الدراسات الوراثية – التى أجريت على أكثر وأقل الأصناف كفاءة فى الاستفادة من الكميات القليلة المتاحة لها من الآزوت – أن هذه الصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات، وأن الكفاءة العالية صفة سائدة، مع ظهور تفاعلات آليلية من النوع الإضافى × الإضافى.

كذلك وجدت تباينات جوهرية بين ١٢ صنفًا من الطماطم فى استخدام النترات، وكانت أكثرها كفاءة السلالات G7، و G9 ، و G11 ، و G12 (Ruiz & Romero ١٩٩٨).

تحمل نقص الفوسفور

وجد Coltmann وآخرون (١٩٨٥) اختلافًا فى معدل النمو بين سبع سلالات من الطماطم عند نقص الفوسفور فى بيئة الزراعة، علمًا بأن هذه السلالات تتماثل فى معدل نموها فى ظروف التغذية الطبيعية. وقد وصلت هذه الاختلافات إلى ٧٣٪. وأوضحت الدراسات أن معدل امتصاص الفوسفور لكل وحدة من وزن – أو طول – الجذر كان عاملاً أوليًا فى تحديد قدرة السلالة على امتصاص العنصر. كذلك كان لدى قدرة السلالات على الاستفادة من الفوسفور الممتص دور هام فى إبراز فروق النمو بينها تحت ظروف نقص العنصر.

ونظرًا لأن الفوسفور لا ينتقل فى التربة.. فإن كفاءة النباتات فى الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تغلغل المجموع الجذرى فى التربة (عن Bliss ١٩٨١). وقد أوضحت دراسات Coltman (١٩٨٧) أن سلالات الطماطم القادرة على تحمل نقص الفوسفور كانت أكثر كفاءة فى امتصاص العنصر، كما كانت شعيراتها الجذرية – تحت ظروف نقص العنصر – أطول، وغطّت الجذور لمسافة أطول مما فى السلالات الحساسة.

وقد وجد أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة فى امتصاص الفوسفور من محلول مغذ يحتوى على العنصر – بتركيز منخفض قدره ٩٧ ميكرومول – أن السلالة P.I.121665 كانت على درجة عالية من الكفاءة. وقد تميزت هذه السلالة – دون غيرها – بكثافة شعيراتها الجذرية؛ لذا أُطلق على هذا الشكل المظهرى اسم الجذر القطنى Cottony root. وبرغم أن سلالة أخرى – هى P.I. 1102716 – كانت على نفس القدر من الكفاءة فى امتصاص الفوسفور.. إلا أن جذورها كانت عادية. وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن صفة الجذر القطنى متنحية، ويتحكم فيها جين واحد أعطى الرمز crt.

وأمكن بزراعة خلايا مزرعة أنسجة فى بيئة صلبة فقيرة للغاية فى الفوسفور عزل نموات خلوية قادرة على النمو فى تلك الظروف، بينا ماتت معظم الخلايا الأخرى. وبعمل مزرعة معلق من التجمعات التى تحملت ظروف النقص الشديد للفوسفور، فإنها أظهرت قدرة جيدة على النمو فى ظروف توفر العنصر، وقدرة على النمو أفضل — بكثير — عن قدرة غيرها من مزارع الخلايا غير المنتخبة لتحمل نقص الفوسفور. كما أظهرت السلالات المنتخبة إفرازًا أكبر من الـ acid phosphatase وتحسنًا كبيرًا فى امتصاص الفوسفات (Goldstein ١٩٩١).

وقد أجريت مقارنة بين نمو نباتات صنف الطماطم Large Red Cherry — الذى لا يستجيب لاستعمار الميكوريزا لجذوره تحت ظروف توفر الفوسفور أو نقصه — والسلالة LA1708 — التى تستجيب لاستعمار الميكوريزا لها تحت ظروف نقص الفوسفور، ووجد أن نباتات الصنف Large Red Cherry كان نموها جيدًا فى ظروف نقص الفوسفور، ولم يتأثر نموها باستعمار الميكورنزا لجذورها، بينما كان نمو نباتات السلالة LA1708 جيدًا فى ظروف توفر الفوسفور وضعيفًا فى ظروف نقص الفوسفور وغياب الميكوريزا، بينما أدى استعمار الميكوريزا لجذورها فى نفس الظروف إلى زيادة الكتلة الجافة لنمواتها الخضرية، ونموها الجذرى، ومحتواها من الفوسفور، ومحصولها من الثمار (Bryla & Koide ١٩٩٨).

تحمل نقص البوتاسيوم

قيم Makmur وآخرون (١٩٧٨) ١٥٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٥ ملليجرامات لكل نبات، ووجدوا اختلافات كبيرة بينها فى كفاءتها فى استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر؛ مُعَبَّرًا عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم المتص. وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة فى

الاستفادة من البوتاسيوم – تحت هذه الظروف – يزيد بمقدار ٧٩٪ عن أقل السلالات كفاءة. وقد احتوت السلالات العالية الكفاءة على بوتاسيوم يقل بنسبة ٣٩٪، وصوديوم يزيد بنسبة ٢٩٪ فى أنسجتها؛ مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة. وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التى تتحكم فى الكفاءة العالية ذات تأثير إضافى أساسًا، بينما كان تأثير السيادة والتفوق أقل.

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضروريًا لنمو الطماطم، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم فى أمور عامة، مثل تنظيم الضغط الأسموزى؛ لذا.. فإن فصل تأثيرات كفاءة استفادة النبات من عنصر البوتاسيوم – فى الأمور التى ليس للصوديوم علاقة بها – عن التأثيرات فى الأمور التى يكون للصوديوم علاقة بها.. يعد ضروريًا لتحديد كفاءة السلالات فى الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل. وبناء على ذلك.. قام Fidgore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم فى محلول مغذٍ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠,٠٧١ مللى مول فى غياب – أو وجود – الصوديوم (المضاف)؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات فى كفاءة استعمال البوتاسيوم، وفى كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم، وفى تراكم الصوديوم بالأوراق العليا.

واعتمادًا على النتائج المتحصل عليها.. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الصفات السابقة، وأجريت بينها كل التلقيحات لدراسة وراثة تلك الصفات. وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم – فى غياب الصوديوم – منخفضة، وتتأثر – جوهريًا جدًا – بكل من الفعل المضيف والسيادة والمضيف × المضيف. وكانت كفاءة توريث صفة كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم عالية، وتأثرت جوهريًا جدًا بفعل الإضافة والسيادة. كذلك كانت كفاءة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق العليا عالية، وتأثرت – جوهريًا جدًا – بفعل الإضافة. هذا.. وكان Makmur وآخرون (١٩٧٨) قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية فى الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة.

كذلك قيمت ١٠٠ سلالة من الطماطم – حُصل عليها من مناطق جغرافية متباينة – للقدرة على امتصاص البوتاسيوم، والنمو فى صورة تراكم للمادة الجافة، وذلك فى مستويين من البوتاسيوم (فى مزرعة رمل وزيوليت sand-zeolite) هما: مستوى منخفض (٠,٢٥ مللى مول K)، ومستوى مرتفع (١,٠ مللى مول K)، وأمكن تقسيم السلالات إلى ثلاث مجاميع، كما يلى:

١- مجموعة كفؤه تميزت بقدرتها على امتصاص البوتاسيوم فى ظل ظروف شدّ العنصر، مع تراكم للمادة الجافة مساوٍ للتراكم الحادث فى ظل ظروف كفاية البوتاسيوم.

٢- مجموعة غير كفؤه تميزت بقدرتها على النمو الجيد فى ظروف كفاية البوتاسيوم، ولكن بقدرة منخفضة على امتصاص العنصر فى ظل ظروف نقصه، مع انخفاض فى الوزن الجاف فى تلك الظروف.

٣- مجموعة بطيئة النمو تميزت بمحتوى منخفض من البوتاسيوم فى أنسجتها وبوزن جاف منخفض أيًا كان مستوى البوتاسيوم فى بيئة الزراعة.

ولقد تميزت سلالات المجموعة الكفؤه بكثافة نموها الجذرى وطوله، وبزيادة معدل تدفق البوتاسيوم لكل وحدة من طول الجذر فى ظل ظروف شدِّ العنصر (Chen & Gabelman ١٩٩٥).

تحمل نقص الكالسيوم

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفًا وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ١٦,٥ ملليجرام كالسيوم لكل نبات، ووجدا اختلافات وراثية بينها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبرًا عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص. كانت أكثر السلالات كفاءة هى سلالة الطماطم P.I.205040، والسلالة P.I.129021 من الهجين النوعى

S. lycopersium × *S. pimpinellifolium* اللتان احتفظتا بكفاءتهما العالية حتى فى المستويات المرتفعة من الكالسيوم.

كذلك قام Giordano وآخرون (١٩٨٢) بدراسة مماثلة على ١٣٨ سلالة من الطماطم، ووجدوا اختلافات وراثية بينها فى كفاءة الاستفادة من الكالسيوم المتاح لها؛ حيث أعطت السلالات العالية الكفاءة وزنًا جافًا يزيد بمقدار ٨١٪ على السلالات القليلة الكفاءة، بينما كان الوزن الجاف لجميع السلالات متقاربًا حينما كان الكالسيوم متوفرًا بتركيز كافٍ قدره ٤٠٠ ملليجرام لكل نبات. وقد أظهرت الدراسة أن السلالات العالية الكفاءة كانت أكثر قدرة على امتصاص الكالسيوم من المحاليل المغذية الفقيرة بالعنصر وأكثر كفاءة فى الاستفادة مما تمتصه منه.

كما تبين من دراسة وراثية — أجريت على أكثر وأقل السلالات كفاءة — أن هذه الصفة تتأثر أساسًا بالفعل المضيف للجينات. وفى دراسة وراثية أخرى — أجريت على أربع سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الاستفادة من الكالسيوم المتوفر بكميات قليلة قدرها ١٠ ملليجرامات من العنصر لكل نبات (Li & Gabelman ١٩٩٠) — وُجد أن الكفاءة (معبرًا عنها بالوزن الجاف للنبات) تتأثر بفعل الإضافة والسيادة للجينات المتحكمة فى الصفة، التى تراوحت كفاءة توريثها — فى المعنى العام — من ٦٣٪ إلى ٧٩٪ وفى المعنى الخاص من ٤٧٪ إلى ٤٩٪، ومن ٦٨٪ إلى ٧٥٪ فى عائلتين مختلفتين.

تحمل نقص البورون والحديد

أوضح Brown & Jones (١٩٧١) أن نباتات سلالة الطماطم T3820 كانت غير قادرة على امتصاص ونقل البورون بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث كانت نباتات الطماطم صنف Rutgers أكفأ ١٥ مرة منها فى امتصاص العنصر.

كما اكتشف Wall & Andrus (١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة — أطلق عليها اسم الساق القابلة للكسر Brittle Stem — لا يمكنها نقل البورون داخل النبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنحٍ أُعطى الرمز btl.

وقد لوحظ وجود اختلافات وراثية فى توزيع البورون بين الأعضاء النباتية فى صنفى الطماطم المتحمل Rutgers وغير المتحمل Brittle، كما كان امتصاص البورون أعلى جوهريًا فى Rutgers (Bellaloui & Brown ١٩٩٨).

وتجدر الإشارة إلى أن سلالة الطماطم T3820 غير قادرة – كذلك – على امتصاص ونقل الحديد بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث بلغ تركيز الحديد بها ربع التركيز الطبيعى، بالرغم من توفر العنصر للنبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح (Brown وآخرون ١٩٧٢).

[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

الفصل الثامن

التربية لتحمل التلوث بالأوزون والتسمم بالأمونيوم

التربية لتحمل التلوث بالأوزون

أولى الباحثون تحمل الأوزون اهتمامًا خاصًا؛ لأنه من أكثر المركبات إسهامًا فى تلوث البيئة. فقيم Gentile وآخرون (١٩٧١) عددًا من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة، ووجدوا أن النوع *S. pimpinellifolium* أكثرها حساسية، والنوع *S. lycopersicum* أقلها حساسية للأوزون. وكانت أكثر سلالات وأصناف الطماطم تحملاً لهذا الغاز هى P.I 203229، و P.I 247089 ، و P.I. 304234 ، وP.I. 309915، و VFN8.

كذلك اختبر Reinert وآخرون (١٩٧٢) مقاومة ١٢ صنفًا من الطماطم للأوزون بتعريضها لتركيز ٤٠ جزءًا فى المليون لمدة ساعة ونصف فى الصباح، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز فى المساء كان الضرر أكبر منه فى الصباح، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF، و Red Cherry، وأقلها حساسية (أى أقلها تضررًا من الغاز) هى VF145-B، و Heinz 1439. كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هى P.I. 109835، و P.I. 137136 و P.I. 285663، و P.I.303792، و New Yorker، و Heniz 1439.

وقد تباينت أربعة أصناف تجارية من الطماطم فى مدى تحملها للأوزون، وكان الصنف UC204C الأقل تأثرًا بالمعاملة؛ حيث أدت إلى انخفاض المحصول بنسبة ١٧٪، مقارنة بانخفاض قدره ٥٤٪ فى الصنف Hybrid 31 (Temple ١٩٩٠).

التربية لتحمل التسمم بالأمونيوم

يؤدى التسميد بأسمدة سائلة تحتوى على تركيز مرتفع من الأمونيوم إلى ظهور بقع غائرة على سيقان نباتات الطماطم. ويمكن الحد من تكون تلك البقع إذا أضيف البوتاسيوم بتركيز مولارى مكافئ لتركيز الأمونيوم. وتتباين أصناف الطماطم كثيرًا فى حساسيتها للتسمم بالأمونيوم، ومن أكثرها حساسية الصنف Heinz 1350، وأكثرها تحملاً الطفرتين: yg-5 (وهى: yellow-green-5)، و neg-1 (وهى: neglecta-1)؛ بسبب قدرتهما على اختزان كميات كبيرة من البوتاسيوم فى أنسجتهما. يؤدى نقص البوتاسيوم مع التسميد الأمونيومى إلى زيادة نشاط الإنزيمات المسئولة عن تمثيل متعددات الأمين polyamines، التى قد تلعب دورًا فى ظهور أعراض التسمم. كذلك تظهر على النباتات التى تُصاب بالتسمم الأمونيومى اصفرارًا وتحللا بالأوراق مع ميل أنصالها لأسفل، وهى ظاهرة مرجعها إلى زيادة إنتاج النباتات لغاز الإثيلين. هذا.. فى الوقت الذى لا يتأثر فيه إنتاج الإثيلين فى الطفرتين yg-5، و neg-1 عند زيادة التسميد الأمونيومى (Corey وآخرين ١٩٨٧).

مصادر الكتاب

Abdul-Baki, A. A. 1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (6): 1113-1116.

Agong, S. G., S. Schittenhelm, and W. Friedt. 1997. Assessment of tolerance to salt stress in Kenian tomato germplasm. Euphytica 95: 57-66.

Agong, S. G., M. Kingetsu, Y. Yoshida, S. Yazawa, and M. Masuda. 2003. Response of tomato genotypes to induced salt stress. Afr. Crop Sci. J. 11 (2): 133-142.

An, P., S. Inanga, X. J. Li, A. E. Eneji, and N. W. Zhu. 2005. Interactive effects of salinity and air humidity on two tomato cultivars differing in salt tolerance. J. Plant Nutr. 28 (3): 459-473.

Anastasio, G., P. Pellicer, M. S. Catala, J. Costa, G. Palomores, and F. Nuez. 1988. A survey of wild *lycopersicon* species for salt tolerance based on growth parameters. Tomato Genet. Coop. Rep. 38: 5-7.

Arms, E. M., A. J. Bloom, and D. A. St. Clair. 2015. High-resolution mapping of a major effect QTL from wild tomato *Solanum habrochaites* that influences water relations under root chilling. Theor. Appl. Gen. 128 (9): 1713-1724.

Asins, M. J., M. P. Bretó, M. Cambra, and E. A. Carbonell. 1993a. Salt tolerance in *Lycopersicon* species. I. Character definition and changes in gene expression. Theor. Appl. Gen. 86 (6): 737-743.

Asins, M. J., M. P. Bretó, and E. A. Carbonell. 1993. Salt tolerance in *Lycopersicon* species. II. Genetic effects and a search for associated traits. Theor. Appl. Gen. 86 (6): 769-774.

Asins, M. J. et al. 2010. Genetic analysis of physiological components of salt tolerance conferred by *Solanum* rootstoks. What is the rootstock doing for the scion. Theor. Appl. Gen. 121 (1): 105-115.

Atanassova, B., L. Shtereva, and E. Molle. 1997. Effect of three anthocyaninless genes on germination in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). II. Seed germination under stress conditions. Euphytica 97: 31-38.

Atta-Aly, M. A., A. S. El-Beltagy, and M. E. Saltveit. 1993. Effect of salt stress on the vegetative growth and development of tomato plants. Acta Hort. No. 323: 401-410.

AVRDC, Asian Vegetable Research and Development Center. 1976. Progress report for 1976. Shanhua, Taiwan. 55 p.

Baggett, J. R. and W. A. Frazier. 1982. Oregon 11: Early parthenocarpic tomato breeding line. HortScience 17: 984-985.

Bellaloui, N. and P. H. Brown. 1998. Cultivar differences in boron uptake and distribution in celery (*Apium graveolens*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and wheat (*Triticum aestivum*). Plant and Soil. 198 (2): 153-158.

Berry, S. Z. 1969. Germinating response of the tomato at high temperature. HortScience 4: 218-219.

Bliss, F. A. 1981. Utilization of vegetable germplasm. HortScience 16: 129-132.

Bogler, A. et al. 2014. The genome of the stress-tolerant wild tomato species *Solanum pennellii*. Nature Genetics 46: 1034-1038.

Bolarin, M. C., F. G. Fernandez, V. Cruz, and J. Cuartero. 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative-yield salinity response curves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (2): 286-290.

Borsani, O., J. Cuartero, J. A. Fernández, V. Valpuesta, and M. A. Botella. 2001. Identification of two loci in tomato reveals distinct mechanisms for salt tolerance. The Plant Cell 13: 873-887.

Bretó, M. P., M. J. Asins, and E. A. Carbonell. 1994. Salt tolerance in *Lycopersicon* species. III. Detection of quanitative trait loci by means of molecular markers. Theor. Appl. Gen. 88 (3/4): 395-401.

Brown, J. C. and W. E. Jones. 1971. Differential transport of boron in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Physiologia Plantanum 25: 279-282.

Brown, J. C., R. L. Cheney, and J. E. Ambler. 1972. A new tomato mutant inefficient in the transport of iron. Physiologia Plantarun 25: 48-53.

Bourgeais, P., G. Guerrier, and D. G. Strullu. 1987. Adaptation of *Lycopersicon esculentum* to NaCI: a comparative study of cultures of callus or stem tips. Canad. J. Bot. 65: 1989-1997.

Brüggemann, W., A. Wenner, and Y. Sakata. 1995. Long-term chilling of young tomato plants under low light. VII. Increasing chiling tolerance of photosynthesis in *Lycopersicon esculentum* by somatic hybridization with *L. peruvianum*. Plant Sci. 108: 23-30.

Brüggemann, W., P. Linger, A. Wenner, and M. Koornneef. 1996. Improvement of post-chilling photosynthesis in tomato by sexual hybridization with a *Lycopersicon peruvianum* line from elevated altitude. Adv. Hort. Sci. 10 (4): 215-218.

Bryla, D. R. and R. T. Koide. 1998. Mycorrhizal response of two tomato genotypes relates to their ability to acquire and utilize phosphorus. Ann. Bot. 82 (6): 849-857.

Camejo, D. et al. 2005. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. J. Plant Physiol. 162: 281-289.

Cannon, O. S., D. M. Gatherum, and W. G. Miles. 1973. Heritability of low temperature seed germination in tomato. HortScience 8: 404-405.

Cao, X., F. Jiang, X. Wang, Y. Zang, and Z. Wu. 2015. Comprehensive evaluation and screening for chilling-tolerance in tomato lines at the seedling stage. Euphytica 205 (2): 569-584.

Caro, M. et at. 1991. Salinity tolerance of normal-fruited and cherry tomato cultivars. Plant and Soil 136: 249-255.

Carmi, N., Y. Salts, B. Dedicova, S. Shabtai, and R. Barg. 2003. Induction of parthenocarpy in tomato via specific expression of the rolB gene in the ovary. Planta 217: 726-735.

Chandler, R. F., Jr. 1983. The potential for breeding heat tolerant vegetables for tropics. Asian Vegetable Research and Development Center, 10th Annivesrsary Monograph Series. Shanhua, Taiwan, Republic of China.

Chen, J. J. and W. H. Gabelman. 1995. Isolation of tomato strains varying in potassium acquisition using a sand-zeolite culture system. Plant and Soil 176 (1): 65-70.

Coltman, R. R. 1987. Tolerance of tomato strains to phosphorus deficiency in root culture. HortScence 22: 1305-1307.

Coltman, R. R., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelman. 1985. Differential tolerance of tomato strains to maintained and deficient levels of phosphorus. J. Amer. Soc. Hort. 110: 140-144.

Corey, K. A., A. V. Barker, and L. E. Craker. 1987. Ethylene evolution by tomato plants under stress of ammonium toxicity. HortScience 22: 471-473.

Cortina, C. and F. A. Culianez-Macia. 2005. Tomato abiotic stress enhanced tolerance by trehalose biosynthesis. Plant Sci. 169: 75-82.

Coons, J. M., R. O. Kuehl, N. F. Obeker, and N. R. Simons. 1989. Seed germination of seven pepper cultivars at constant or alternating high temperatures. J. Hort. Sci. 64: 705-710.

Costa, J., M. A. Sanchis, G. Palomares, and F. Nuez. 1989. Interspecific variability in the *lycopersicon* genus in relation to salinity tolerance. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 39: 8-9.

Cruz, V. and J. Cuartero. 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.), pp. 81-86. In: J. Cuartero, M. L. Gómez-Guilamón, and R. Fernández-Muñoz (eds.). XIth Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding. Málga, Spain.

Cruz, V., J. Cuartero, M. C. Bolarin, and M. Romero. 1990. Selection for characters to evaluate salinity tolerance in *Lycopersicon* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 1000-1003.

Cuartero, J. and R. Fernández-Munoz. 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulturae 78 (1/4): 83-125.

Cuartero, J., A. R. Yeo, and T. J. Flowers. 1992. Selection of donors for salt-tolerance in tomato using physiological traits. New Phytol. 121: 63-69.

Cuartero, J., M. C. Bolarin, M. J. Asins, and V. Moreno. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. J. Exp. Bot. 57 (5): 1045-1058.

Curme, J. H. 1962. Effect of low nigh temperatures on tomato fruit set. In Campell Soup Company "Proceedings of Plant Science Symposium"; pp. 99-108. Camden, N. J.

Dane, F., A. G. Hunter, and O. L. Chambliss. 1991. Fruit set, pollen fertility, and combining ability of selected tomato genotypes under high-temperature field conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (5): 906-910.

Dasgan, H. Y., H. Aktas, K. Abak, and I. Cakmak. 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. Plant Science 163: 695-703.

Dehan, K. and M. Tal. 1978. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of *Solanum pennellii* to high salinity. Irrigation Science1: 71-76.

De la Pena, R. and J. Hughes. 2007. Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. SAT eJournal 4 (1): 1-22. (ejournal. Icrisat.org).

De Vos. D. A., R. R. Hill, Jr., R W. Helper, and D. L. Garwood. 1981. Inheritance of low temperature sprouting ability in F_1 tomato cross. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 352-355.

Diaz, M. et al. 2011. Characterization of the physiological response of the highly-tolerant tomato cv. "Poncho Negro" to salinity and excess boron. J. Plant Nutr. 34 (9): 1254-1267.

Doebley, J. 2000. A tomato gene weighs in. Science (Washington) 289 (5476): 71-72.

Dolstra, O., J. H. Venema, P. J. Groot, and P. R. van Hasselt. 2002. Low-temperature-related growth and photosynthetic performance of alloplasmic tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) with chloroplasts from *L. hirsutum* Humb. & Bonpl. Euphytica 124: 407-421.

Doolittle, S. P., A. L. Taylor, and L. L. Danielson. 1961. Tomato diseases and control. U. S. Dept. Agr., Agr. Handbook 203. 86 p.

El-Ahmadi, A. B. 1977. Genetics and physiology of high temperature fruit-set in the tomato. Ph. D. thesis, Univ. Calif., Davis.

El Ahmadi, A. B. and M. A. Stevens. 1979. Reproductive response of heat-tolerant tomatoes to high temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (5): 686-691.

El-Ahmadi, A. B. and M. A. Stevens. 1979 Genetics of high-temperature fruit set in the tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 691-696.

El-Awady, A. M. M., A. E. A. El-Tarras, E. S. Desouky, E. M. Khaled, and N. E. Ibrahim 2014. Enhancement of salt tolerance of the tomato cultivar Edkawy under saline conditions using genetic transformation with the AtNHX1 gene. Amer. J. Res. Communication 2 (4): 1-13.

El-Beltagy, A. S. and M. A. Hall. 1979. Basic elements for possible new technique to screen for plants relatively tolerant to water stress. Egypt. J. Hort. 6: 261-267.

El-Beltagy, A. S., M. M. Khalifa, and M. H. Hall. 1979. Salinity in relation to ethylene. Egypt. J. Hort. 6: 269-271.

El-Iklil, Y., M. Karrou, and M. Benichou. 2000. Salt stress effect on epinasty in relation to ethylene production and water relations in tomato. Agronomie 20: 399-406.

El-Iklil, Y., M. Karrou, R. Mrabet, and M. Benichou. 2002. Salt stress effect on metabolite concentrations of *Lycopersicon esculentum* and *Lycopersicon cheesmanii* (In French with English summary). Canada. J. Plant Sci. 82 (1): 177-183.

El-Saeid, H. M., A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1988. The possibility of using ethryl to identify plants relatively tolerant to salinity. I. Tomato (*Lycopersicon esculentum*). Egypt. J. Hort. 15: 71-84.

El-Saeid, H. M., A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1988a. The possibility of using ethrel to identify plants relatively tolerant to salinity. II. Cowpea (*Vigna sinensis* L.) Egypt. J. Hort. 15: 159-170.

El-Sayed, M. N. and C. A. John. 1973. Heritability studies of tomato emergence at different temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 (5): 440-443.

English, J. E. and D. N. Maynard. 1981. Calcium efficiency among tomato strains J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 552-557.

Epstein, E., R. W. Kingsbury, J. D. Norlyn, and D. W. Rush. 1979. Production of food crops and other biomass by seawater culture. In: A. Hollaender (Ed.). The Biosaline Concept, pp. 77-99. Plenum Pub. Comp., N. Y.

Fadl, G. M. and H. Burgstaller. 1984. In "Tamato Production on Arid Land", Cairo, Dec. 9-16, 1984, abstract S. 3-20.

Fellner, M. and V. K. Sawhney. 2001. Seed germination in a tomato male sterile mutant is resistant to osmotic, salt and low temperature stresses. Theor. Appl. Gen. 102 (2/3): 215-221.

Fernández-Muñoz, R., J. J. González-Fernández, and J. Cuartero. 1994. Methods for testing the fertility of tomato pollen formed at low temperature. J. Hort. Sci. 69 (6): 1083-1088.

Fernández-Muñoz, R., J. J. González-Fernández, and J. Curatero. 1995 Genetics of the viability of pollen grain produced at low temperatures in *Lycopersicon* Mill. Euphytica 84 (2): 139-144.

Fernández-Muñoz, R., J. J. González-Fernández, and J. Cuartero. 1995. Variability of pollen tolerance to low temperatures in tomato and related wild species. J. Hort. Sci. 70 (1): 41-49.

Ficcadenti, N. et al. 1999. Genetic engineering of parthenocarpic fruit development in tomato. Molecular Breeding 5: 463-470.

Fidgore, S. S., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1989. Inheritance of potassium efficiency, sodium substitution capacity, and sodium accumulation in tomatoes grown under low-potassium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 332-327.

Fillippone, E. 1985. In vitro growth and differentiation of tomato (*Lycopersicon esculentum*) tissue on high level of NaCI (Abstr.) Genetica Agraria 39: 323.

Firon, N. et al. 2006. Pollen grains of heat tolerant tomato cultivars retain higher carbohydrate concentration under heat stress conditions. Sci. Hort. 109: 212-217.

Foolad, M. R. 1996. Genetic analysis of salt tolerance during vegetative growth in tomato. Plant Breeding 115 (4): 245-250.

Foolad, M. R. 1996. Response to selection for salt tolerance during germination in tomato seed derived from PI174263. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (6): 1006-1011.

Foolad, M. R. 1997. Genetic basis of physiological traits related to salt tolerance in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. Plant Breeding 116 (1): 53-58.

Foolad, M. R. 1999. Comparison of salt tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato by QTL mapping. Genome 42 (4): 727-437.

Foolad, M. R. 1999. Genetics of salt and cold tolerance in tomato: quantitative analysis and QTL mapping. Plant Biotechnol. 16 (1): 55-64.

Foolad, M. R. 2004. Recent advances in genetics of salt tolerance in tomato. Plant Cell Tissue and Organ Culture 76: 101-119.

Foolad, M. R. and F. Q. Chen. 1999. RFLP mapping of QTLs conferring salt tolerance during the vegetative stage in tomato. Theor. App. Gen. 99 (1/2): 235-243.

Foolad, M. R. and R. A. Jones. 1991. Genetic analysis of salt tolerance during germination in *Lycopersicon*. Theor. Appl. Gen. 81 (3): 321-326.

Foolad, M. R. and R. A. Jones. 1992. Parent-offspring regression estimates of heritability for salt tolerance during germination in tomato. Crop Sci. 32 (2): 439-442.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 1997. Absence of a genetic relationship between salt tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato. Plant Breeding 116 (4): 363-367.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 1997. Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon* species. HortScience 32 (2): 296-300.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 1998. Genetic analysis of low-temperature tolerance during germination in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. Plant Breeding 117 (2): 171-176.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 1999. Relationships between cold-and salt-tolerance during seed germination in tomato: germplasm evaluation. Plant Breeding 118 (1): 45-48.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 2000. Relationship between cold tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato: germplasm evaluation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125 (6): 679-683.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 2001. Genetic analysis of cold tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. Euphytica 122: 105-111.

Foolad, M. R. and G. Y. Lin. 2001. Relationship between cold tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato: analysis of response and correlated response to selection. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 (2): 216-220.

Foolad, M. R., F. Q. Chen, and G. Y. Lin. 1998. RFLP mapping of QTLs conferring cold tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. Mol. Breeding 4 (6): 519-529.

Foolad, M. R., J. R. Hyman, and G. Y. Lin. 1999. Relationships between cold- and salt- tolerance during seed germination in tomato: analysis of response and correlated response to selection. Plant Breeding 118 (1): 49-52.

Foolad, M. R., L. P. Zheng, and G. Y. Lin. 2001. Identification and validation of QTLs for salt tolerance during vegetative growth in tomato by selective genotyping. Genome 44: 444-454.

Foolad, M. R., P. Subbiah, C. Kramer, G. Hargrave, and G. Y. Lin. 2003. Genetic relationships among cold, salt and drought tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. Euphytica 130: 199-206.

Foolad, M. R., L. P. Zhang, and P. Subbiah. 2003. Genetics of drought tolerance during seed germination in tomato: inheritance and QTL mapping. Genome 46: 536-545.

Foolad, M. R., P. Subbiah, and L. Zhang. 2007. Common QTL affect the rate of tomato seed germination under different stress and nonstress conditions. Inter. J. Plant Genomics. Vol. 2007, Article ID 97386, 10 pp. The Internet.

Fos, M., F. Nuez, and J. L. Garcia-Martinez. 2000. The gene pat-2, which induces natural parthenocarpy, alters the gibberellin content in unpollinated tomato ovaries. Plant Physiol. 122 (2): 471-479.

Fos, M., K. Proaño, F. Nuez, and J. L. Garia-Martinez. 2001. Role of gibberellins in parthenocarpic fruit development induced by the genetic system pat-3/pat-4 in tomato. Physiol. Plant. 111 (4): 545-550.

Gentile, A. G., W. A. Fader, R. E. Young, and Z. Santner. 1971. Suscebtility of *Lycopersicon* spp. to ozone injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 94-96.

Giordano, L. de B., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1982. Inheritance of difference in calcium ulitization by tomatoes under low-calcium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 664-669.

Giroux, R. W. and W. G. Filion. 1992. A. Comparison of the chilling-stress in two differentially tolerant cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Biochemistry and Cell Biology 70 (3-4): 191-198.

Gisbert, C. et al. 2000. The yeast HAL1 gene improves salt tolerance of transgenic tomato. Plant Physiol. 123: 393-402.

Goldstein, A. H. 1991. Plant cells selected for resistance to phosphate starvation show enhanced P use efficiency. Theor. Appl. Gen. 82 (2): 191-194.

Gorguet, B., A. W. van Heusden, and P. Limdhout. 2005. Parthenocarpic fruit development in tomato. Plant Biol. 7: 131-139.

Grichko, V. P. and B. R. Glick. 2001, Flooding tolerance of transgenic plants expressing the bacterial enzyme ACC deaminase controlled by the 35S, rolD or PRB-1b promoter. Plant Physiol. Biochem. 39 (1): 19-25.

Guerrier, G. 1998. Proline accumulation in salt-treated tomato: different proline precursors in *Lycopersicon esculentum* and *Lycopersicon pennellii*. J. Plant Nutr. 21 (3): 505-513.

Hall, A. E. 1992. Breeding for heat tolerance. Plant Breeding Reviews 10: 129-168.

Hanna, H. Y. and T. P. Hernandez. 1982. Response of six tomato genotypes under summer and spring weather conditions in Louisiana. HortScience 17: 758-759.

Hanna, H. Y., T. P. Hernandez, and K. L. Koonce. 1982. Combining ability for fruit set, flower drop, and underdeveloped ovaries in some heat-tolerant tomatoes. HortScinence 17: 760-761.

Hanna, H. Y., A. J. Adams, and L.L. Black. 1992. LHT24 heat-tolerant tomato breeding line. HortScience 27 (12): 1337.

Hanson, P. M., J. T. Chen, and G. Kuo. 2002. Gene action and heritability of high-temperature fruit set in tomato line CL5915. HortScience 37 (1): 172-175.

Harris, R. E. 1975a. Sub-Arctic Maxi: a large-fruited subarctic-type tomato. Canad. J. Plant Sci. 55: 853.

Hashim, M. M., A. S. El-Beltagy, and R. A. Jones. 1988. Salt tolerance in *Lycopersicon esculentum*. I. The effect of salinity on growth. Egypt. J. Hort. 15: 85-96.

Hashim, M. M., A. S. El-Beltagy, and R. A. Jones. 1988a. Salt tolerance in *Lycopersicon esculentum*. II. Ion accumulation patterns. Egypt. J. Hort. 15: 97-106.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1982. Tomato evaluation and selection for sodium chloride tolerance. Egypt. J. Hort. 9: 153-162.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1986. Salinity tolerance in tomato. Evaluation methods and use of wild *Lycopersicon* species in breeding and in genetic studies. Egypt. J. Hort. 13: 159-170.

Hassan, A. A., M. M. Marghany, and W. L. Sims. 1987. Genetics and physiology of parthenocarpy in tomato. Acta. Hort. 200: 173-183.

Hassan, A. A., M. A. Al-Afifi, K. Matsuda, A. Koto, and S. Itani. 1989. Sources of salinity tolerance in *Lycopersicon* species. Bul. Fac. Agr. Uni. Cairo 40: 605-622.

Hassan, A. A., H. H. Nassar, M. A. Barakat, and M. S. Tolba. 1999. Tomato breeding for salinity tolerance. III. Genetics of tolerance. Egypt. J. Hort. 26 (3): 391-403.

Hazra, P. and A. K. Dutta. 2010. Inheritance of partenocarpy in tomato (*Solanum lycopersicum*) and its association with two marker characters. International Research Journal of Plant Science 1 (6): 144-149.

Ho, L. C. and J. D. Hewitt. 1986. Fruit development. In: J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 201-239. Chapman and Hall, London.

Hochmuth, G. J., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1985. A gene affecting tomato root morphology. HortScience 20: 1099-1101.

Hoek, I. H. S., C. H. Hanisch Ten Cate, C. J. Keijzer, J. H. Schel, and H. J. M. Dons. 1993. Development of the fifth leaf is indicative for whole plant performance at low temperature in tomato. Annals of Botany 72 (4): 367-374.

Ibrahim, M. A. M. 1984. Genetic and physiological studies on heat and cold tolerance in tomatoes. Ph. D. Thesis, Cairo Uni. 188 p.

Jaiswal, R. C. and K. Singh. 1989. Salt tolerance studies in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Hort. J. 2 (1): 33-37.

Jia, G. X., Z. Q. Zhu, F. Q. Chang, and Y. X. Li. 2002. Transformation of tomato with the BADH gene from *Atriplex* improves salt tolerance. Plant Cell Reports 21 (2): 141-146.

Johima, T. 1995. Inheritance of heat tolerance of fruit coloring in tomato. Acta Hort. No. 412: 64-70.

Johkan, M. et al 2010. Seed production enhanced by antiauxin in the pat-2 parthenocarpic tomato mutant. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 135: 3-8.

Jones, R. A. 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. Euphytica 35: 575-582.

Jones, R. A. and M. M. Hashim. 1991. salt tolerance potential in tomato: germplasm enhancement with cv. Edkawy, pp. 615-630. In: A. Bishay and H. Dregne (eds.). Desert development. Part I: Desert agriculture, ecology and biology. Harwood Academic Publishers GmbH, Chur, Switzerland.

Jones, R. A., M. Hashim, and A. S. El-Beltagy. 1988. Developmental responsiveness of salt-tolerant and salt-sensitive genotypes of *Lycopersicon*, pp. 765-772. In: E. E. Whitehead et al (eds.). Arid lands: today and tomorrow. Westview Press, Inc., Boulder, Colorado.

Juan, M., R. M. Rivero, L. Romero, and J. M. Ruiz. 2005. Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. Env. Exp. Bot. 54: 193-201.

Kamps,T. L., T. G. Isleib, R. C. Herner, and K. C. Sink. 1987. Evaluation of techniques to measure chilling injury in tomato. HortScience 22: 1309-1312.

Kaname, T., T. Itagi, and M. Mochizuki. 1969. Experiments on controlling fruit malformation in tomatoes. II. The effect of sunshine before and after flowering on the occurrence of hollow fruits (In Japanese) Kanagawa Hort. Exp. Sta., No. 17, pp. 52-57. (c.a. Hort. Abstr. 41: 1500; 1971).

Kartz, A. and M. Tal. 1980. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: proline accumulation in callus tissue of *Lycopersicon esculentum* and *L. peruvianum*. Z. Pflanzenphysiol. Bd. 429-435.

Kataoka, K., A. Uemachi, M. Nonaka, and S. Yazawa. 2004. Effect of endogenous gibberellins in the early stages of fruit growth and development of the 'Severianin' tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 79 (1): 54-58.

Kean, D. and J. R. Baggett. 1986. The inheritance of parthenocarpy in Oregon T5-4 tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 596-599.

Kemp, G. A. 1968. Low-temperature growth responses of the tomato. Canad. J. Plant Sci. 48: 281-286.

Ku, C. G., B. W. Chen, M. H. Chou, C. L. Tsai, and T. S. Tsay. 1979. Tomato fruit set at high temperature, pp. 94-108. In: Asian Vegetable Research and Development Center. Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato. Shanhua, Taiwan.

Kuo, C. G. and B. W. Chen. 1980. Physiological responses of tomato cultivars to flooding. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 751-755.

Kuo, C. G., J. S. Tsay, B. W. Chen, and P. Y. Lin. 1982. Screening for flooding tolerance in the genus *Lycopersion*. HortScience. 17: 76-78.

Labate, J. A. et al. 2007. Tomato, pp. 1-125. In: C. Kole (ed.). Genome mapping and molecular breeding in plants. Vol. 5. Vegetables. Springer-Verlag, Berlin.

Leviatov, S., O. Shoseyov, and S. Wolf. 1993 Roles of different seed components in controlling seed germination at low temperature. Sci. Hort. 56 (3): 197-206.

Levy, A., H. D. Rabinowitch, and N. Kedar. 1978. Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures. Euphyrica 27: 211-218.

Li, Y.-M. and W. H. Gabelman. 1990. Inheritance of calcium use efficiency in tomatoes grown under low-calcium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 835-838.

Li, J. et al. 2011. Seedling salt tolerance in tomato. Euphytica 178: 403-414.

Lin, S. S.-M. 1982. The genetics and physiology of parthenocarpy in *Lycopersicon esuclentum* Mill. (tomato). Diss. Astr. International, B 42 (9) 3514B. (c.a. Plant Breed. Abstr. 52: 7999; 1982).

Lin, S., W. L. George, and W. E. Splittstoesser. 1984. Expression and inheritance of parthenocarpy in 'Severianin' tomato. J. Hered. 75: 62-66.

Lin, K. H., H. F. Lo, W. L. Yeh, and J. T. Chen. 2007. Identification of quantitative trait loci associated with yield of tomato under heat stress. Acta Hort. No. 760: 269-276.

Lohar, D. P. and W. E. Peat. 1998. Floral characteristics of heat-tolerant and heat-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars at high temperature. Sci. Hort. 73: 53-60.

Loukehaich, R. et al. 2012. SpUSP, an annexin-interacting universal stress protein, enhances drought tolerance in tomato. J. Exp. Bot. 63 (15): 5593-5606.

Mahmoud, M. H., R. A. Jones, and A. S. El-Beltagy. 1986. Comparative responses to high salinity between salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of tomato. Acta Hort. 190: 533-543.

Mahmoud, M. H., A. S. El-Beltagy, R. M. Helal, and M. A. Maksoud. 1986. Tomato variety evaluation and selection for salt tolerance. Acta Hort. No. 190: 559-566.

Malhotra, S. K. and G. Kalloo. 1995. Breeding tomato for low temperature fruit set – a review . Agr. Rev. (Karnal) 16 (1/2): 63-72.

Maisonneuve, B. and J. Philouze. 1982. Effect of low night temperatures on a varietal collection of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). II. Study of pollen quantity and quality. Agronomie 2: 453-458.

Maisonneuve, B., N. G. Hogenboom, and A. P. M. Den Nijs. 1986. Pollen selection in breeding tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for adaptation to low temperature. Euphytica 35: 983-992.

Makmur, A., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelamn. 1978. Physiology and inheritance of efficiency in potassium utilization in tomatoes grown under potassium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 545-549.

Maluf, W. R. and E. C. Tigchelaar. 1980. Responses associated with low temperature seed germinating ability in tomato. J. Amer. Soc. 105: 280-283.

Maluf, W. R. and E. C. Tigchelaar. 1982. Relationship between fatty acid composition and low-temperature seed germination in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 620-623.

Mapelli, S., G. Torti, M. Bandino, and G. P. Soressi. 1979. Effects of GA_3 on flowering and fruit-set in a mutant of tomato. HortScience 14: 736-737.

Martinelli, F. et al. 2009. Gene regulation in parthenocarpic tomato fruit. Journal of Experimental Botany 60 (13): 3873-3890.

McNamara, S. T. and C. A. Mitchell. 1989. Differential flood stress resistance of two tomato genotypes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 (6): 976-980.

McNamara, S. T. and C. A. Mitchell. 1990. Adaptive stem and adventitious root responses of two tomato genotypes to flooding. HortScience 25: 100-103.

Meissner, R. and T. Mandel. 2010. High throughput breeding for traits improvement: cold tolerance. Hishtil RM Ltd. The Internet.

Michalska, A. M. 1985. Low temperature germination in *Lycopersicon*. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 35: 7-8.

Minges, P. A. (Ed.). 1972. Descriptive list of vegetable varieties. Amer Seed Trade Assoc., Washington, D. C. 194 p.

Mishra, K. B. et al. 2012. Engineered drought tolerance in tomato plants is reflected in chlorophyll fluorescence emission. Plant Science 182: 79-86.

Moghaieb, R. E. A., H. Saneoka, J. Ito, and K. Fujita. 2001. Characterization of salt tolerance in tomato plant in terms of photosynthesis and water relations. Soil Sci. Plant Nutr. 47 (2): 377-385.

Mohamed, M. F. 1998. Characteristics and inheritance of natural facultative-parthenocarpic fruit-set in 'Nadja' tomato under low temperature conditions. Euphytica. 103: 211-217.

Mohamed, M. F., M. F. Abd El-Kader, and G. I. Shalaby. 2002a. New potential hybrid 'Assiut-15' for production of tomato under adverse high temperature conditions. The 3rd Sci. Conf. Agr. Sci., Assiut, Oct. 2002: 385-392.

Mohamed, M. F., M. F. Abd El-Kader, and G. I. Shalaby. 2002b. Fruit-set and yield of new tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) line 'Ass-23' and hybrid 'SX23' under low night-temperature conditions. The 3rd Sci.. Conf. Agr. Sci. Assiut, Oct. 2002: 393-398.

Muzzucato, A., G. Testa, T. Biancari, and G. P. Soressi. 1999. Effect of gibberellic acid treatments, environmental conditions, and genetic background on the expression of the parthenocarpic fruit mutation in tomato. Protoplasma 208 (1/4): 18-25.

Nandpuri, K. S., J. S. Kanwar, S. Singh, and M. S. Saimbhi. 1975. Performance of tomato varieties under low and high temperature conditions, Haryana J. Hort. Sci. 4: 46-50 (c.a. Hort. Abstr. 47.

Nassar, H. H., A. A. Hassan, M. A. Barkat, and M. S. Tolba. 1999a. Tomato breeding for salinity tolerance. I. Screening methods . Egypt. J. Hort. 26 (3): 339-355.

Nassar, H. H., A. A. Hassan, M. A. Barkat, and M. S. Tolba. 1999b. Tomato breeding for salinity tolerance. II. Assessment and nature of tolerance in some domestic and wild accessions. Egypt. J. Hort. 26 (3): 357-390.

Nautiyal, P. C., M. Shono, and Y. Egawa. 2005. Enhanced thermotolerance of the vegetative part of MT-sHSP transgenic tomato line. Sci. Hort. 105: 393-409.

Ng, T. J. and E. C. Tigchelaar. 1973. Inheritance of low temperature seed sprouting in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 314-316.

Nieuwhof, M., F. Garretsen, and J. C. van Oeveren. 1989. Maternal and genetic effects on seed weight of tomato and effects of seed weight on growth of genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Breeding 102: 248-254.

Nieuwhof, M., J. Jansen, and J. C. van Oeveren. 1993. Genotypic variation for relative growth rate and other growth parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under low energy conditions. J. Genet. Breeding 47 (1): 33-44.

Nkansah, G. O. and T. Ito. 1995. Effect of air and root-zone temperatures on physiological characteristics and yield of heat-tolerant and non heat-tolerant tomato cultivars. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64 (2): 315-320.

Nuez, F., J. Costa, and J. Cuartero. 1985. High and low temperature setting. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 35: 14-15.

Nuez, F., J. Cuartero, C. Ferrando, M. S. Catala, and J. Costa. 1988. Genetic model for the inheritance of the parthenocarpy in the tomato line '75/59'. An. Aula Dei 19 (1-2): 7-11.

Nveawiah-Yoho, P., J. Zhou, M. Palmer, R. Sauve, and S. Zhou. 2013. Identification of proteins for salt tolerance using a comparative proteomics analysis of tomato accessions with contrasting salt tolerance. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 138 (5): 382-394.

O'Sullivan, J., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1974. Variations in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under nitrogen stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 543-547.

Oyanedel, E., D. W. Wolfe, and T. G. Owens. 2000. Quantitative trait loci analysis of photoinhibition under chilling stress in tomato. Acta Hort. No. 521: 227-231.

Patterson, B. D. 1988. Genes for cold resistance from wild tomatoes. HortScience 23: 794 & 947.

Patterson, B. D. and L. A. Payne. 1983. Screening for chilling resistance in tomato seedlings. HortScience 18: 340-341.

Patterson, B. D., R. Paull, and R. M. Smillie. 1978. Chilling resistance in *Lycopersicon hirsutum* Humb. & Bonpl., a wild tomato with a wild altitudinal distribution. Aust. J. Plant Physiol. 5: 609-617.

Pecaut, P. and J. Philouze. 1978. A sha-pat line obtained by natural mutation. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 28: 12.

Perez-Alfocea, F., M. T. Estañ, M. Caro, and M. C. Bolarin. 1993. Response of tomato cultivars to salinity. Plant and Soil 150: 203-211.

Perez-Alfocea, F., G. Guerrier, M. T. Estañ, and M. C. Bolarin. 1994. Comparative salt response at cell and whole-plant levels of cultivated and wild tomato species and their hybrid. J. Hort. Sci. 69 (4): 639-644.

Pérez-Alfocea, F., M. E. Balibrea, A. Santa Cruz, and M. T. Estañ. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. Plant and Soil 180 (2): 251-257.

Pet, G. and F. Garretsen. 1983. Genetical and envimomental factors influencing seed size of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and effect of seed size on growth and development of tomato plants. Euphytica 32: 711-718.

Phatak, S. C. and C. A. Jaworski. 1985. UGA 113MT and UGA 1160 MT Metribuzin-tolerant tomato germplasm 20: 1132.

Phills, B. R., N. H. Peck, G. E. MacDonald, and R. W. Robinson. 1979. Differential response of *Lycopersicon* and *Solanum* species to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Soi. 104: 349-352.

Philouze, J. 1981. Progress of works regarding the utilization in breeding of the ability to natural parthenocarpy of the tomato variety Severianin. (In French). In: J. Philouze (Ed.) "Genetics and Breeding of Tomato"; pp. 203-210. Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles, France.

Philouze, J. 1989. Natural parthenocarpy in tomato. IV. A study of the polygenic control of parthenocarpy in line 75/59. (In French with English summary). Agronomie 9 (1): 63-75.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruit in the Soviet variety Severianin. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 28: 12-13.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978a. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruits in a German line. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 28: 12.

Poysa, V. W., C. W. Tan, and J. A. Stone. 1987. Flooding stress and the root development of several tomato genotypes. HortScience 22: 24-26.

Preczewski, P. J., S. A. Heckathorn, C. A. Downs, and T. S. Coleman. 2000. Photosynthetic thermotolerance is quantitatively and positively correlated with production of specific heat-shock proteins among nine genotypes of *Lycopersicon* (tomato). Photosymthetica 38 (1): 127-134.

Radwan, A. A., A. A. Hassan, and M. A. M. Ibrahim. 1986. Tomato cultivar evaluation for low temperature tolerance. Egypt. J. Hort. 13: 139-144.

Radwan, A. A., A. A. Hassan, and M. A. M. Ibrahim. 1986a. Tomato cultivar evaluation for high temperature tolerance. Egypt. J. Hort. 13: 145-151.

Rahman, S. M. L., E. Nawata, and T. Sakuratani. 1998. Effects of water stress on yield and related morphological characters among tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. Thai J. Agr. Sci. 31 (1): 60-78. c.a. Plant Breeding Abstr. 70: Abstr. 2840; 2000.

Rahman, S. M. L. et al. 2004. Superoxide dismutase and stress tolerance of four tomato cultivars. HortScience 39 (5): 983-986.

Rajasekaran, L. R., D. Aspinall, and L. G. Paleg. 2000. Physiological mechanism of tolerance of *Lycopersicon* spp. exposed to salt stress. Canad. J. Plant Sci. 80 (1): 151-159.

Rao, E. S., P. Kadirvel, R. C. Symonds, and A. W. Ebert. 2013. Relationship between survival and yield traits in *Solanum pimpinellifolium* under salt stress. Euphytica 190 (2): 215-228.

Rebigan, J. B., R. L. Villareal, and S.–H. Lai. 1977. Reaction of three tomato cultivars to heavy rainfall and excessive soil moisture. Phillippine J. Crop Sci. 2: 221-226.

Reinert, R. A., D. T. Tingey, and H. B. Carter. 1972. Sensitivity of tomato to ozone. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 149-151.

Rick, C. M. 1977. Conservation of tomato species germplasm. Calif. Agr. 31 (9): 32-33.

Rick, C. M. 1980. Project No. 25: Mechanisms to facilitate production of hybrid tomato seed. Univ. Calif., Davis.

Rotino, G. L. et al. 1999. Genetic engineering of parthenocarpic vegetable crops, pp. 301-306. In: G. T. Scarasci Mugnozza, E. Porceddu, and M. A. Pagnotta. Genetics and breeding for crop quality and resistance. Kluwer. Academic Publishers, Dordrecht, Germany.

Rotino, G. L. et al. 2005. Open field trial of genetically modified parthenocarpic tomato: seedlessness and fruit quality. BMC Biotechnology 5: 32.

Rudich, J., E. Zamski, and Y. Regev. 1977. Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato pollination and fruit set. Bot. Gezette. 138: 448-452.

Ruiz, J. M. and L. Romero. 1998. Tomato genotype in relation to nitrogen utilization and yield. J. Agr. Food Chem. 46 (10): 4420-4422.

Rus, A. M. et al. 2001. Expressing the yeast HAL1 gene in tomato increases fruit yield and enhances K^+/Na^+ selectivity under salt stress. Plant Cell and Environment 24 (8): 870-880.

Rush, D. W. 1986. Physiological and genotypic responses to salinity in two species of tomato. Dissertation Abstr. International. B. 46(12): 4088B.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1976. Genotypic responses to salinity: differences between salt sensitive and salt tolerant genotypes of tomato. Plant Physiol. 57: 162-166.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1981. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 699-704.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1981 a. Comparative studies on the sodium, potassium, and chloride relations of a wild halophyte and a domestic salt-sensitive tomato species. Plant Physiol. 68: 1308-1313.

Sacher, R. F. and R. C. Staples. 1983. Ion regulation and response of tomato to sodium chloride: a homeostatic system. J. Amer. Soc. Sci. 108: 566-569.

Sacher, R. F. and R. C. Staples. 1985. Inositol and sugars in adaptation of tomato to salt. Plant Physiology 77: 206-210.

Sacher, R. F., R. C. Staples, and R. W. Robinson. 1982. Saline tolerance in hybrids of *Lycopersicon esculentum* × *Solanum pennellii* and selected breeding lines, pp. 325-336. In: A. San Pietro (ed.) Biosaline research: a look to the future. Plenum. N. Y.

Saeed, A. 2007. The potential of breeding tomato hybrids for salinity tolerance. PhD thesis, Fac. Agric., Univ. Agric. Faisalabad, Pakistan.

Saeed, A., K. Hayat, A. A. Khan, and S. Iqbal. 2007. Heat tolerance studies in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) International Journal of Agriculture & Biology 9 (4): 649-652.

Sanchez-Rodriguez, E. et al. 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptpmatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. Plant Science 178: 30-40.

Sánchez-Roriguez, E. et al. 2012. Antioxidant response resides in the shoot in reciprocal grafts of drought-tolerant and drought-sensetive cultivars in tomato under water stress. Plant Science 188-189: 89-96.

Santa-Cruz, A., M. Acosta, F. Pérez-Alfocea, and M. C. Bolarin. 1997. Changes in free polyamine levels induced by salt stress in leaves of cultivated and wild tomato species. Physiol. Plant. 101 (2): 341-346.

Santa-Cruz, A., F. Perez-Alfocea, M. Caro, and M. Acosta. 1998. Polyamines as short-term salt tolerance traits in tomato. Plant Sci. (Limerick) 138 (1): 9-16.

Santa-Cruz, A., M. Acosta, A. Rus, and M. C. Bolarin. 1999. Short-term salt tolerance mechanisms in differentially salt tolerant tomato species. Plant Physiol. Biochem. (Paris) 37 (1): 65-71.

Saranga, Y., J. Rudich, and D. Zamir. 1987. Salt tolerance of cultivated tomato, its wild relatives, and interspecific segregating populations (Abstr.). Acta Hort. 200: 203.

Saranga, Y., D. Zamir, A. Marani, and J. Rudich. 1991. Breeding tomatoes for salt tolerance: field evaluation of *Lycopersicon* germplasm for yield and dry-matter production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (6): 1067-1071.

Saranga, Y., A. Cahner, D. Zamir, A. Marani, and J. Rudich. 1992. Breeding tomatoes for salt tolerance: inheritance of salt tolerance and related traits in interspecific populations. Theor. Appl. Genet. 84: 390-396.

Saranga, Y., D. Zamir, A. Marani, and J. Rudich. 1993. Breeding tomatoes for salt tolerance: variations in ion concentrations associated with response to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 (3): 405-408.

Sarg, S. M. H., R. G. W. Jones, and F. A. Moar. 1993. Salt tolerance in the Edkawy tomato, pp. 177-184. In: H. Lieth and A. A. Al-Masoom (eds.). Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol. 2. Agriculture and forestry under marginal soil water conditions. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, Netherlands.

Sarrobert, B., P. Brunet, N. Paris-Pireyre, and A. M. Risterucci. 1990. Chemical composition of xylem sap in the genus *Lycopersicon* (Solanaceae) in relation to the environement. II. Effect of salinity. (In French with English summary). Canad. J. Bot. 68 (9): 1948-1952.

Sato, S., M. M. Peet, and J. F. Thomas. 2000. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic mild heat stress. Plant, Cell and Environment 23 (7): 719-726.

Sato, S., M. M. Peet, and R. G. Gardner. 2004. Altered flower retention and developmental patterns in nine tomato cultivars under elevated temperature. Sci. Hort. 101: 95-101.

Schaible, L. W. 1962. Fruit setting response of tomatoes to high night temperatures. In: Campbell Soup Company "Prcoceedings of Plant Science Symposium"; pp. 89-98. Camden, N. J.

Scott, J. 2007. Tomato breeding program. The Internet.

Scott, J. W. and W. L. George, Jr. 1984. Influence of pollination treatments on fruit set and development in parthenocarpic tomato. HortScience 19: 874-876.

Scott, S. J. and R. A. Jones. 1982. Low temperature seed germination of *Lycopersicon* species evaluated by survival analysis. Euphytica 31: 869-883.

Scott, J. W. et al. 1989. Solar Set. A heat tolerant, fresh market tomato hybrid. Circular - Agr. Exp. Sta., Univ. Florida. No. S-359. 10 p.

Scott, J. W. et al 2006. 'Solar Fire' hybrid tomato: Fla 7776 tomato breeding line. HortScience 41 (6).

Shaheen, M., C. A. Ayyub, M. Amjad, and E. A. Waraich. 2016. Morpho-physiological evaluation of tomato genotypes under high temperature stress conditions. J. Sci. Food. Agr. 96 (8): 2698-2704.

Shalata, A. and M. Tal. 1998. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. Physiol. Plant. 104 (2): 169-174.

Shannon, M. C. 1997. Adaptation of plants to salinity. Adv. Agron. 60: 75-120.

Shannon, M. C., J. W. Gronwald, and M. Tal. 1987. Effects of salinity on growth and inorganic inos in cultivated and wild tomato species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 416-423.

Shelby, R. A. 1975. The nature and mechanism of tomato heat tolerance. Auburn Univ., Alabama. Diss. Abstr. Intl. B, 1975, (6):2598 B.

Shelby, R. A., W. H. Greenleaf, and C. M. Peterson. 1978. Comparative floral fertility in heat tolerant and heat sensitive tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 778-780.

Sinel'nikova, V. N., E. Ya Glushchenko, and I. A. Kosereva. 1983. Vavilova No. 132: 24-27.

Smeets, L. and N. G. Hogenboom. 1985. Introduction to an investigation into the possibilities of using physiological characters in breeding tomato for low energy conditions. Euphytica 34: 705-707.

Smith, P. G. and A. H. Millett. 1968. Observations on low temperature fruit and seed set in tomatoes. Veg. Improv. Newsletter 10: 12.

Soliman, M. S. and M. Doss. 1992. Salinity and mineral nutrition effects on growth and accumulation of organic and inorganic ions in two cultivated tomato varieties. J. Plant Nutr. 15 (12): 2789-2799.

Song, J., K. Nada, and S. Tachibana. 2002. Suppression of S-adenosylmethionine carboxylase activity is a major cause for high-temperature inhibition of pollen germination and tube growth in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant and Cell Physiol. 43 (60): 619-627.

Stevens, M. A. 1980. Utilization of natural varieties to develop resistance to biotic and environmental stress in processing tomato cultivars. Acta Hort. 100: 405-410.

Stevens, M. A. and C. M. Rick. 1986. Genetics and breeding, pp. 35-109. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds). The tomato crop. Chapman and Hall, London.

Stoner, A. K. and B. E. Otto. 1975. Greenhouse method to evaluate high temperature setting ability in the tomato. HortScience 10: 264-265.

Taha, E. M. E. 1971. Evaluation of some varieties to salt tolerance. M. S. thesis, Faculty of Agric., Ain Shams Univ. 197 p.

Taha, R., D. Mills, Y. Heimer, and M. Tal. 2000. The relation between low K^+/Na^+ ratio and salt-tolerance in the wild tomato species *Lycopersicon pennellii*. J. Plant Physiol. 157 (1): 59-64.

Tal, M. 1984. Physiological genetics of salt resistance in higher plants: studies on the level of the whole plant and isolated organs, tissues and cells. In: R. C. Staples and G. H. Toenniessen (Eds) "Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement"; pp. 301-320. Wiley-Intersicence, N. Y.

Tal, M. and D. A. del Rosario. 1990. Improvement of salt tolerance in tomato by convential breeding and selection in cell culture, pp. 87-92. In: J. Cuartero, M. L. Gómez-Guillamón, and R. Fernández- Muñoz (eds.). XIth Eucarpia meeting on tomato genetics and breeding. Málag, Spain.

Tal, M. and M. C. Shannon. 1983. Salt tolerance in wild relatives of cultivated tomato: responses of *Lycopersicon* F_1 hybrids to high salinity. Austr. J. Plant Physiol. 10: 109-117.

Taleisnik, E. and K. Grunberg. 1994. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. Physiol. Plant. 92 (3): 528-534.

Tarkanov, G. I., S. A. Dovedar, L. G. Avakimova, E. N. Andreeva and E. A. Sysina. 1978. Methods of increasing fruit set in tomato under high temperature conditions. (In Russian). Lenningrad, USSR, p. 123-129. Referativnyi Zhurnal (1979) 6. 55. 330.

Taylor, A. G., J. E. Motes, and M. B. Kirkham. 1982. Germination and seedling characteristics of three tomato species affected by water deficits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 282-285.

Temple, P. J. 1990. Growth and yield of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to ozone. Env. Exp. Bot. 30 (3): 283-291.

Torrecillas, A., C. Guillaume, J. J. Alarcón, and M. C. Ruiz-Sánchez. 1995. Water relations of two tomato species under water stress and recovery. Plant Science (Limerick) 105 (2): 169-176.

Truco, M. J., L. B. Randall, A. J. Bloom, and D. A. Clair. 2000. Detection of QLTs associated with shoot wilting and root ammonium uptake under chilling temperatures in an interspecific backross population from *Lycopersicon esculentum* × *L. hirsutum*. Theor. Appl. Gen. 101 (7): 1082-1092.

Van de Dijk, S. J. 1987. Inheritance of net photosynthesis, dark respiration, stomatal resistance and related characters in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under low energy conditions. Euphytica 36: 193-203.

Van de Dijk, S. J. and J. A. Maris. 1985. Differences between tomato genotypes in net photosynthesis and dark respiration under low light intensity and low night temperatures. Euphytica 34: 709-716.

Van der Ploeg, A., E. Heuvelink, and J. H. Venema. 2007. Wild relatives as a source for sub-optimal temperature tolerance in tomato. Acta Hort. No. 761: 127-133.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi, and J. Hewitt. 1989. Genetics of parthenocarpy in tomato under a low temperature regime: I. Line RP 75/59. Euphytica 41: 1-8.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi, and J. Hewitt. 1989a. Genetics of parthnocarpy in tomato under a low temperature regime II. Cultivar 'Severianin'. Euphytica 41: 9-15.

Venema, J. H., F. Pasthumus, M. de Vries, and P. R. van Hasselt. 1999. Differential response of domestic and wild *Lycopersicon* species to chilling under light: growth, carbohydrate content, photosynthesis and xanthophylls cycle. Physiol. Plant. 105 (1): 81-88.

Venema, J. H., M. Eekhof, and P. R. van Hasselt. 2000. Analysis of low-temperature tolerance of a tomato (*Lycopersicon esculentum*) cybrid with chloroplasts from a more chilling-tolerant *L. hirsutum* accession. Ann. Bot. 85 (6): 799-807.

Venema, J. H., P. Linger, A. W. van Heusden, P. R. van Hasselt, and W. Brüggemann. 2005. The inheritance of chilling tolerance in tomato (*Lycopersicon* spp.). Plant Biol. 7: 118-130.

Villareal, R. L. and S. H. Lai. 1979. Development of heat-tolerant tomato varieties in the tropics. In: Asian Vegetable Research and Development Center "Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato, Oct. 23-27, 1978"; pp. 188-200. Shanhua, Taiwan.

Villareal, R. L., S. H. Lai, and S. H. Wong. 1978. Screening for heat tolerance in the genus *Lycopersicon*. HortScience 13: 479-481.

Walker, M. A., D. M. Smith, K. P. Pauls, and B. D. McKersie. 1990. A chlorophyll fluorescence screening test to evaluate chilling tolerance in tomato. HortScience 25 (3): 334-339.

Wall, J. R. and C. F. Andrus. 1962. The inheritance and physiology of response in the tomato. Amer. J. Bot. 49: 758-762.

Wang, Y. et al. 2005. Overexpression of cytosolic ascorbate peroxidase in tomato confers tolerance to chilling and salt stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130 (2): 167-173.

Weast, R. O. (Ed.). 1976. (56th ed.). Handbook of chemistry and physics. CRC Press, Cleveland, Ohio. p. D-249.

Weaver, M. L. and H. Timm. 1989. Screening tomato for high temperature tolerance through pollen viability tests. HortScience 24: 493-495.

Whittington, W. J. and P. Fierlanger. 1972. The genetic control of time to germination in tomato. Ann. Bot. 36: 873-880.

Wolf, S., D. Yakir, M. A. Stevens and J. Rudich. 1986. Cold temperature tolerance of wild species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 11: 960-964.

Yu, L. X. et al. 1998. Chitinase: differential induction of gene expression and enzyme activity by drought stress in the wild (*Lycopersicon chilense* Dun.) and cultivated (*L. esculentum* Mill.) tomatoes. J. Plant Physiol. 153 (5/6): 745-753.

Zamir, D. and M. Tal. 1987. Genetic analysis of sodium, potassium and chloride ion content in *Lycopersicon*. Euphytica 36: 187-191.

Zamir, D., S. D. Tanksley, and R. A. Jones. 1981. Low temperature effect on selective fertilization by pollen mixtures of wild and cultivated tomato species. Theor. Appl. Genet. 59: 235-238.

Zamir, D., S. D. Tanksley, and R. A. Jones. 1982. Haploid selection for low temperature tolerance of tomato pollen. Genetics 101: 129-137.

Zhou, S. F., X. Y. Chen, X. N. Xue, X. G. Zhang, and Y. X. Li. 2007. Physiological and growth response of tomato progenies harboring the betaine aldhyde dehydrogenase gene to salt stress. J. Integrative Plant Biol. 49 (5): 628-637.

Zhou, S., R. J. Sauvé, Z. Liu, S. Reddy, and S. Bhatti. 2011. Identification of salt-induced changes in leaf and root proteomes of the wild tomato, *Solanum chilense*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 136: 288-302.

Zijlstra, S. 1985. Parthenocarpy in tomato: two new lines from interspecific crosses. (In Dutch). Zaadbelangen 39 (4): 92-94. c.a. Plant Breeding Abstr. 55: Abstr. 9042; 1985.

Zobel, R. W. 1986. Rhizogenetics (root genetics) of vegetable crops. HortScience 21: 956-959.

Zribi, L. et al. 2009. Application of chlorophyll inflorescence for the diagnosis of salt stress in tomato "*Solanum Lycopersicon* (variety Rio Grande)". Sci. Hort. 120 (3): 367-372.

صَدَر للمؤلف

صَدَر للمؤلف الكتب التالية:

أولاً: فى مجال أساسيات وتقنيات إنتاج وتداول الخضر

١- أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٩٢٠ صحة.

٢- تكنولوجيا الزراعات المحمية (الصوبات) (١٩٩٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٥ صفحة.

٣- أساسيات إنتاج الخضر فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

٤- إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

٥- أساسيات وفسيولوجيا الخضر (١٩٩٨). المكتبة الأكاديمية — ٥٩٦ صفحة.

٦- تكنولوجيا إنتاج الخضر (١٩٩٨). المكتبة الأكاديمية — ٦٢٥ صفحة.

٧- الأساليب الزراعة المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر (١٩٩٩). المكتبة الأكاديمية — ٥٨٦ صفحة.

٨- تكنولوجيا الزراعات المحمية (١٩٩٩). المكتبة الأكاديمية — ٥٣٥ صفحة.

٩- الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر: البدائل العلمية والعملية المتكاملة (٢٠١٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٨٣ صفحة.

١٠- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٤٥٢ صفحة.

١١- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٤٦٤ صفحة.

١٢- أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٣٩٤ صفحة.

١٣- أصول الزراعة المحمية (٢٠١٢). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٨٣٦ صفحة.

١٤- أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر (٢٠١٥). دار الكتب العلمية والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية – ٩٦٨ صفحة.

١٥- تداول الحاصلات البستانية: تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد الحصاد (٢٠١٥). دار الكتب العلمية، والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس ، والمكتبة الأكاديمية– ٥٤٨ صفحة.

١٦- الأهمية الغذائية والطبية للخضروات. (٢٠١٥). دار الكتب العلمية والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية – ٣٧٨ صفحة.

١٧- تسميد محاصيل الخضر (٢٠١٦). دار الكتب العلمية، والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية– ٦٩٣ صفحة.

١٨- عوامل الشد البيئى ووسائل الحد من أضرارها: الحلول التكنولوجية لتحديات ومعوقات إنتاج الخضر فى الظروف البيئية القاسية. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٦٤٨ صفحة.

١٩- بدائل المبيدات لمكافحة أمراض وآفات الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٨٩ صفحة.

ثانيًا: فى مجال إنتاج محاصيل الخضر

١- الطماطم (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣١ صفحة.

٢- البطاطس (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٨٦ صفحة.

٣- البصل والثوم (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٩١ صفحة.

٤- القرعيات (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٠٧ صفحات.

٥- الخضر الثمرية (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠١ صفحة.

٦- الخضر الثانوية (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٩١ صفحة.

٧- الخضر الجذرية والساقية والورقية والزهرية (١٩٩٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٧٤ صفحة.

٨- إنتاج محاصيل الخضر (١٩٩١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧١٢ صفحة.

٩- إنتاج خضر المواسم الدافئة والحارة فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٨ صفحة.

١٠- إنتاج خضر المواسم المعتدلة والباردة فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

١١- الطماطم: تكنولوجيا الإنتاج، والفسيولوجى، والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين (١٩٩٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥١١ صفحة.

١٢- الطماطم: الأمراض والآفات ومكافحتها (١٩٩٨). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٢١٠ صفحات.

١٣- إنتاج البطاطس (١٩٩٩). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٤٤٦ صفحة.

١٤- إنتاج البصل والثوم (١٩٩٩). الدار العربية للنشر والتوزيع- ٣٧١ صفحة.

١٥- القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج، والفسيولوجى، والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين (٢٠٠٠). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٤٩٨ صفحة.

١٦- القرعيات: الأمراض والآفات ومكافحتها (٢٠٠٠). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٣٠ صفحة.

١٧- إنتاج الفلفل والباذنجان (٢٠٠١). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٣٦ صفحة.

١٨- إنتاج الخضر البقولية (٢٠٠١). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٢٤ صفحة.

١٩- إنتاج الفراولة (٢٠٠٢). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٨٨ صفحة.

٢٠- إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٢٧ صفحة.

٢١- إنتاج الخضر الخيمية والعليقية والقلقاسية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣١٥ صفحة.

٢٢- إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٠٠ صفحة.

٢٣- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية - الجزء الأول (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٠٤ صفحات.

٢٤- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية - الجزء الثانى (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٣٠٠ صفحة.

٢٥- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية – الجزء الثالث (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٤٢٤ صفحة.

ثالثًا: فى مجال تربية النبات

١- أساسيات تربية النبات (١٩٩١). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٦٨٢ صفحة.

٢- تربية محاصيل الخضر (١٩٩٢). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٨٠٠ صفحة.

٣- تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات (١٩٩٣). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٣٧٨ صفحة.

٤- الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النباتات: التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية (١٩٩٥). المكتبة الأكاديمية – ٣٢٨ صفحة.

٥- الأسس العامة لتربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٤٧٧ صفحة.

٦- طرق تربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٣٩٣ صفحة.

٧- تحسين الصفات الكمية: الإحصاء البيولوجى وتطبيقاته فى برامج تربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٢٥١ صفحة.

٨- التكنولوجيا الحيوية وتربية النبات (٢٠٠٧). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٧٨٣ صفحة.

٩- تطبيقات تربية النبات فى مكافحة الأمراض والآفات (٢٠٠٨). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٥٨٥ صفحة.

١٠- تربية النبات لتحمل الظروف البيئية القاسية (٢٠١٢). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٥٤٤ صفحة.

١١- مبادئ تربية محاصيل الخضر (٢٠١٧). الدار العربية للنشر والتوزيع الحديثة - ٢٥٧ صفحة.

١٢- أساسيات تربية الطماطم (٢٠١٧). الدار العربية للنشر والتوزيع - ١٨٠ صفحة.

١٣- تربية الطماطم لتحسين المحصول وصفات الجودة. الدار العربية للنشر والتوزيع - ١٤٠ صفحة.

رابعًا: فى مجال أصول البحث العلمى والكتابة العلمية

١- أصول البحث العلمى - الجزء الأول: المنهج العلمى وأساليب كتابة البحوث والرسائل العلمية (١٩٩٦). المكتبة الأكاديمية - ٤١٧ صفحة.

٢- أصول البحث العلمى - الجزء الثانى: إعداد وكتابة ونشر البحوث والرسائل العلمية (١٩٩٦). المكتبة الأكاديمية - ٢٧٣ صفحة.

٣- أصول إعداد ونشر البحوث والرسائل العلمية (٢٠٠٨). الدار العربية للنشر والتوزيع - ٧٧٠ صفحة.